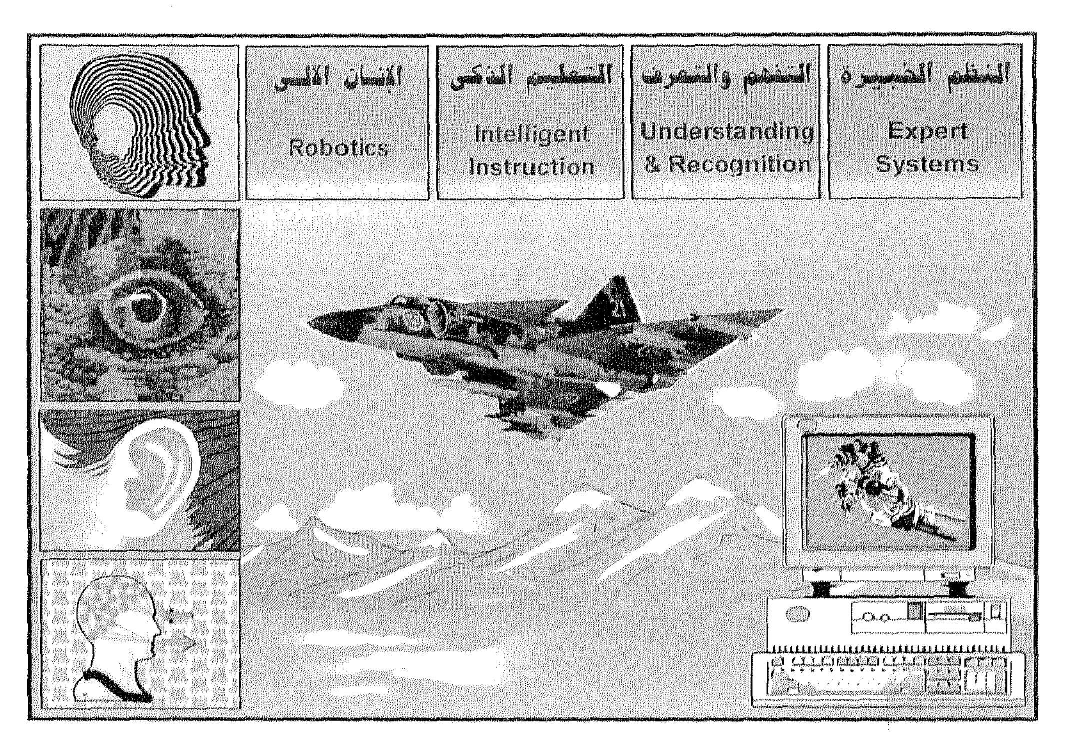
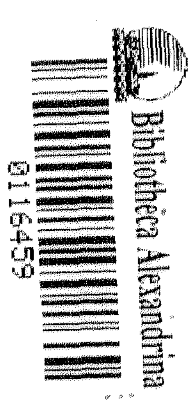
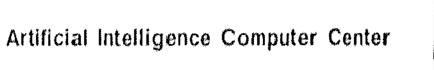
الذكاء الإصطناعى والشبكات العصبية



الاستاذ الدكتور محمد على الشرقاوى



الكتاب الأول
ضمن سلسلة
علوم وتكنولوجيا حاسبات المستقبل



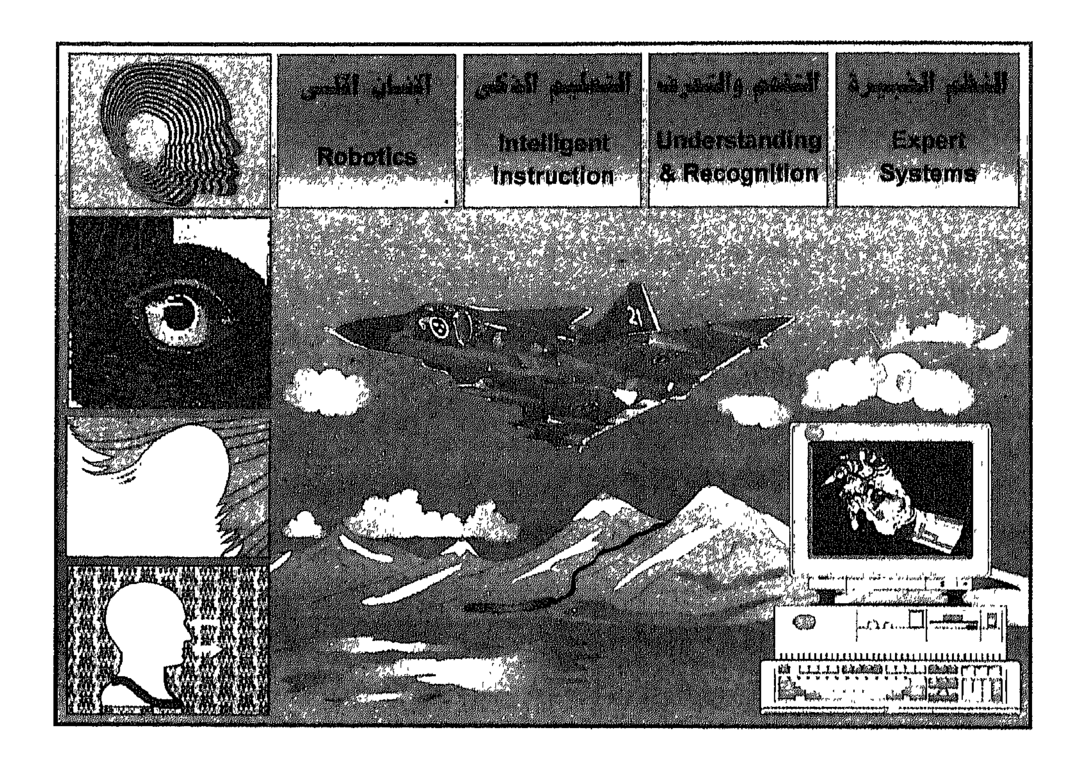

مركز الذكاء الاصطناعى للحاسبات



الذكـــاء الإصطناعى
والـشبكات العـصبية



الذكاء الإصطناعى والشبكات العصبية



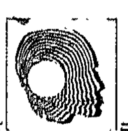
الاستاذ الدكتور محمد على الشرقاوى

الكتاب الأول

ضمن سلسلة

علوم وتكنولوجيا حاسبات المستقبل

Artificial Intelligence Computer Center



مركز الذكاء الاصطناعى للحاسبات

رقم الإيـداع ٣٠٨٤ / ٩٦



تقديم ونظرة مستقبلية
Introduction and Futuristic Look

يعرف الانسان الذكى بأنه ذلك الانسان القادر على وضع الحلول للمشكلات بشكل منطقى صائب وسريع، كما يعرف الانسان الخبير بأنه الانسان القادر على استخدام خبرته المكتسبة فى مجال معين لايجاد الحل السليم لمشكلة من المشاكل الصعبة والتى لا يمكن حلها بدون الخبرة التى اكتسبها فى هذا المجال المعين، وبذلك يتميز الانسان بكثير من الصفات المعتمدة على الذكاء الانسانى والتى ترتبط بقدرته على التفاعل والاستجابة مع البيئة المحيطة به واستخدام الاستدلال لايجاد ووضع الحلول للمشاكل التى تقابله فى الحياة اليومية والتى ترتبط بالدرجة الاولى بالتحدث باللغات الطبيعية والتفهم لما يسمعه الانسان من احاديث والنظر الى الاشياء والتعرف عليها والتمييز بين الاشكال المتشابة والقدرة على الاسترجاع والتذكر والتفكير والترجمة من لغة الي اخري واستخدام الخبرة المكتسبة في اتخاذ القرار والاحساس وغير ذلك من الصفات الاخري العديدة، ومن هنا تم اطلاق صفات كثيرة على الانسان المتميز فى حل المشكلات مثل الانسان الذكى او الماهر او الخبير او ذو الدهاء فى حل الامور او ذو الفراسة وغير ذلك من الصفات الاخرى.

من المعروف كذلك أن الانسان يعتمد أساسا فى المعالجة على التمثيل الشكلى او الرمزي للاشياء وصفاتها والعلاقات بينها والتى تختلف كثيرا عن المعالجة الرقمية التى تعتمد عليها معظم نظم الحاسبات الشائعة الاستعمال هذه الايام والتى تتخذ معمارية فون نيومان اساسا لها والقادرة والمتفوقة فى حل المشكلات الحسابية والعلمية والتجارية والتطبيقات الأخرى التى تتطلب سرعة الحساب والفرز والترتيب والخزن والاسترجاع مثل قواعد البيانات مثلا ،وبذلك نرى ان الانسان يتفوق على الحاسب فى المعالجة الرمزية او الشكلية وحل المشكلات التى تتطلب ذكاءاً أو خبرة مكتسبة. ومن هنا نشأت الحاجة الى نقل نظم وسائل ذكاء وتفوق الانسان مثل المعالجة الرمزية وطرق الاستدلال وغير ذلك من السلوك الانسانى الي نظم الحاسبات لكى تبدى قدرا من الذكاء عند معالجتها لمشكلات البيئة المحيطة مثل التحدث والتفهم باللغات الطبيعية وغير ذلك من المجالات التى يتفوق فيها الانسان الذكى، وبذلك تبلورت نظما وتقنيات منقولة من الانسان الى الحاسب اطلق عليها الذكاء الاصطناعى.

ويشتمل هذا الكتاب على شرح لأساسيات الذكاء الإصطناعى والتى تعبر عن الجيل الخامس لتكنولوجيا الحاسبات والتى تختلف فى الخواص والمضمون عن الأجيال السابقة التى اعتمدت أصلا على نوعية المكونات الماديةالرقمية للنظم الحسابية حيث يستخدم الذكاء الإصطناعى المعالجة الرمزية والتى يتميز بها الجيل الخامس علاوة على الإمكانيات المتاحة للنظم الرقمية والتى تفى بالتطبيقات التجارية والمحاسبية، ويحتوي هذا الكتاب على أربعة أجزاء، يتناول الجزء الاول التعريف بالذكاء الاصطناعى وعلاقته بالذكاء الانسانى واساسياته ومجالاته المختلفة والنظم الخبيرة ومجالاتها المختلفة وبعض النظم التطبيقية وقائمة النظم الخبيرة الشائعة، ونظم الحاسبات المعتمدة على تقنيات الذكاء الاصطناعى وحاسبات الجيل الخامس للمشروع اليابانى.

ويتناول الجزء الثانى اسس المعالجة الرمزية والنمذجة الحسابية وتمثيل المعارف وآليات وتقنيات الاستدلال مثل المنطق الاسنادى ومحددات الكمية والاثبات التحليلى والتوحيد ونظم الاستدلال المعتمدة على القواعدمثل نظم الانتاج ومحرك الاستدلال ونظم التسلسل المختلفة.

ويتناول الجزء الثالث لغات البرمجة والتى تشمل المعالجة الرمزية والمعالجة المختلطة واساسيات لغة البرمجة المنطقية السريعة ولغة البرمجة باسلوب القائمة وبرمجة العلاقات والصفات واستخدام تطبيقات من الحياة اليومية تتطلب استخدام الذكاء فى تنفيذها والمعالجة الرمزية للعمليات الحسابية والرسوم التصويرية وقواعد البيانات الديناميكية، وعرض بعض النظم التطبيقية.

يتناول الجزء الرابع اساسيات الشبكات العصبية والحساب العصبى وكيف تطورت والسمات العامة للنيرون والنماذج الحسابية المختلفة وميكانيكية التعلم والشبكات العصبية المتعددة الطبقات وسلوكها واستخداماتها فى بعض التطبيقات مثل نظم النشر الالكترونى لقواعد البيانات والمخطط التسويقى لشركات الطيران. كما تم عرض أساسيات شبكات كوهنن ذاتية التعليم والتنظيم الذاتى وطرق التعليم باستخدام التوزيع الكمى للمتجهات وبعض تطبيقاتها مثل النشر المكتبى باستخدام الصوت كما تناول اساسيات شبكات هوبفيلد ذات الاتصال الكامل وميكانيكية الخزن والتذكر وآلة بولتز مان الحرارية وبعض التطبيقات، وفى نهاية هذا الجزء تم عرض لنظرية الرنين المتكيف التى تعتبر اساسا للشبكات المكثفة التوازى وعرض النماذج المختلفة لها ،كما يتميز الكتاب بعرض الترجمة الانجليزية للمصطلحات بجانب النص العربى لها مما يؤدى الى سهولة الفهم ويساعد على ربط المادة العلمية بالاتجاه العالمى فى هذا التخصص، كما يتولى عرض التطبيقات

المرتبطة بالحياة اليومية والبيئية لكى يصل القارئ الى اهمية استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعى والشبكات العصبية الإصطناعية.

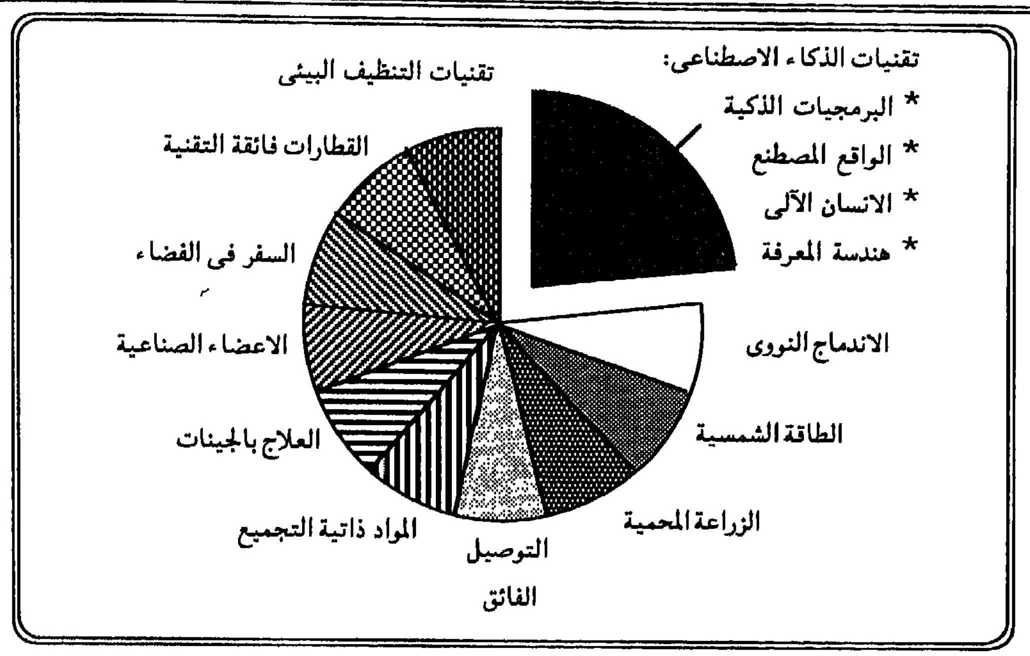
نظرة مستقبلية

لقد أثبتت الأبحاث العلمية أن جيل الذكاء الإصطناعى سوف يصل إلى ما بعد المعالجة الرقمية والرمزية ومن المتوقع أن تتميز الفترة من نهاية التسعينات من هذا القرن وبداية القرن القادم (١٩٩٥ - ٢٠٠٥م)بالتقدم في المحاور الاتية :

يمثل المحور الاول المعالجة الرمزية (Symbolic Processing) حيث يتم إستخدام الرموز بكفاءة فى المعالجة والوصول إلى الحل الكامل لمشكلة ما والذى يتمثل نجاحه فى التمثيل الرمزى الدقيق لسلوك الذكاء الإنسانى عند محاولة حل هذه المشكلة ووضعها بشكل مناسب فى برامج ونظم الحاسبات علاوة على أن تكون المعالجة الرقمية جزء من هذه البرامج وذلك بفضل إستخدام المعالجة المختلطة.

ويمثل المحور الثانى المعالجة المتوازية (Parallel Processing) والتى تشتمل على استخدام المعالجة الرمزية والمعالجة الرقمية والإستعانة بتكنولوجيا المعالجة المتوازية لتحليل موضوعات فى الزمن الحقيقى والتى تفى بأغراض التحليل المباشر (On -line Analysis) .

ويمثل المحور الثالث الحساب العصبى(Neural Computing) حيث إن التطور الهائل والسريع للحساب العصبي بإستخدام أساليب تكنولوجيا المعالجة بالشبكات العصبية الإصطناعية (Artificial Neural Networks) سوف يؤدي إلى ظهور وتطور نظماً للذكاء الإصطناعى والنظم الخبيرة تعتمد على التلاحم بين أساليب المعالجة الرمزية للذكاء الإصطناعى مع المعالجة بإستخدام الحساب العصبى، ويعتبر العقد الاخير من هذا القرن (١٩٠٠-٢٠٠٠م)هو عقد تطور الشبكات العصبية الإصطناعية والذى دعا بعض علماء الحاسبات إلى القول بأنها سوف تمثل الجيل السادس للحاسبات بالرغم من اعتمادها على المعالجة الرقمية وطرق الإستدلال التكاملى المتوازى، ويقدر الخبراء أن تقنيات الذكاء الاصطناعى سوف تمثل حوالى ٢٥٪ من مجمل التقنيات التى سوف تسيطر على مقاليد الامور العالمية فى القرن القادم كما هو مبين فى الشكل الموضح وتشمل هذه التقنيات تقنيات البرمجيات الذكية وهندسة المعرفة والانسان الآلى



التقنيات المسيطرة فى القرن القادم

(الروبوتات) والنظم الخبيرة والواقع المصطنع والتى سوف تغطى الكثير من نواحى الحياة المختلفة، وسوف يكون للواقع المصطنع أهمية كبرى فى التفاعل مع الانسان حيث يقوم الحاسب بإدخال حواس الانسان مثل النظر والسمع وحاسة اللمس داخل البرنامج عن طريق وصلات مواءمة مناسبة لكى يعمل المستخدم وكأنه جزء من البرنامج، وبذلك يصبح الخيال المصطنع واقعا ملموسا.

وفيمايلى بعض التطورات المنتظرة فى ثلاث فروع من ميادين اساسية للتطبيقات الحيوية فى هذا المجال حيث تمثل اللغات الطبيعية الميدان الاول ويشمل التقدم فى هذا المضمار إستحداث نظم لتفهم الحديث المتصل فى بعض المجالات الخاصة، والترجمة الفورية للحديث من خلال الشبكات التليفونية لبعض اللغات، والتعرف الاوتوماتيكى على النصوص وادخالها فى قواعد البيانات. ثم تتطور نظم التفهم للحديث المتصل والترجمة الفورية للحديث والتعرف الاوتوماتيكى للنصوص لتشمل جميع المجالات التى سوف يتم تدعيمها من خلال انشاء قواعد البيانات التى تعمل باللغات الطبيعية والانتاج الرخيص للمكونات الالكترونية للذاكرة وتقدم تقنيات تمثيل المعارف وطرق الاستدلال المختلفة وطرق التعلم وذلك للوصول الى نظم حاسبات

تكون لغتها أحسن بكثير من لغة بعض الأفراد حيث تكون قادرة على الحوار والتفهم والتحدث والترجمة وما الى ذلك.

وتمثل النظم الخبيرة الميدان الثانى حيث يتم التوسع فى توظيف النظم الخبيرة كأدوات لاتخاذ القرار فى ميادين وموضوعات محدودة مع زيادة الاعتماد على مداخل المواءمة التى تعمل باللغات الطبيعية، وفى المراحل الاولى يتم التكامل بين النظم الخبيرة فى شبكات متكاملة فمثلا تتكون الشبكة الطبية من عدة نظم خبيرة يتخصص كل منها فى مجال طبى معين، وتصبح الشبكة بيت خبرة عالية المستوى وتترابط الشبكات لتشمل جميع الميادين، ويجرى تطوير ما يعرف بالآلات الذكية والتى تصل الى مستوى ذكاء يتم توليفة من خلال الاتصال المباشر بين الالة والانسان ويذهب بعض العلماء الى القول بان تبادل المعرفة يمكن ان يتم بالاتصال المباشر بين المخ الانسانى والنظام الخبير وذلك بزراعة شرائح الكترونية داخل الانسان تكون قادرة على نقل المعرفة الفورية وعند ذلك تصبح الالة الذكية قادرة على الآداء المماثل للانسان.

ويمثل علم الروبوتات(الأنسنة) الميدان الثالث بتطور الانسان الآلى حيث تتمكن بعض الروبوتات من التحرك ويجرى الاعتماد عليها بشكل مكثف فى وسائل الانتاج المختلفة ولاينتظر ان تحل مشكلة التحرك والرؤية كاملاوتظل دون المستوى الانسانى فى اوائل القرن القادم وسوف تعمل الروبوتات فى الحياة العامة مثل التحصيل وقيادة المركبات وفى المنازل، ثم تتطور لتصبح حرية التحرك كاملة للروبوتات التى تكون كاملة التجهيز والتى تحمل على متنها الحاسب وكذلك وسائل الرؤية الالكترونية المتكاملة والتى تكون دقتها فى كثير من الاحوال أكثر بكثير من دقة الانسان.

والله ولى التوفيق

المؤلف

أ.د.محمد على الشرقاوى

محتويات الكتـــاب

مسلسل	الموضـــــــــــوع	الصفحة

الجزء الأول

الذكاء الإصطناعى الحاضر والمستقبل

الفصل الأول " الذكاء الإصطناعى والذكاء الإنسانى ٢١
Artificial and Human Intelligence

(١-١) مقدمة ٢٢
(١-٢) العقل الإنسانى ومعالجة المعرفة ٢٤
(١-٣) المخ والتمثيل الرمزي للمعرفة ٢٥
(١-٤) مراحل تطور الذكاء الإصطناعى ٢٦
(١-٤-١) المرحلة الاولى ٢٦
(١-٤-٢) المرحلة الثانية ٢٧
(١-٤-٣) المرحلة الثالثة(١٩٧٥-١٩٩٥) ٢٧
(١-٤-٤) المرحلة المستقبلية(١٩٩٥-٢٠٢٢م) ٢٩
(١-٥) العلاقة بين الذكاء البشري والإصطناعى ٣٢
(١-٦)أساسيات نظم الذكاء الإصطناعى ٣٥

الفصل الثانى " مجالات الذكاء الاصطناعى " ٣٩
Domains of Artificial Intelligence

(٢-١) مجالات الذكاء الاصطناعى ٤٠
(٢-٢) النظم الخبيرة (Expert Systems) ٤١
(٢-٣) إثبات النظريات آلياً (Automated Theorem Proving) ٤١
(٢-٤) التفهم والتعرف على اللغات الطبيعية (Natural Language Understanding) ٤٣
(٢-٤-١) نظام تفهم للحديث او الكلام (Speech Understanding System) ٤٤
(٢-٤-٢) الترجمة الآلية للحديث والنص. ٤٦
(٢-٤-٣) الأسلوب التتابعى العام للتفهم والتعرف ٤٦
(٢-٤-٤) إنتاج البرمجيات آلياً (Automated Software Generation) ٤٩
(٢-٥) علم الروبوتات (الأنسنة) (Robotics) ٤٩
(٢-٦) تمثيل المعارف آلياً (Automated Knowledge Representation) ٥٢
(٢-٧) التعليم والتعلم بإستخدام الحاسبات (Computer - Assisted Learning) ٥٣

مسلسل	الموضـــــــــوع	الصفحة
	(٢-٧-١) التعليم الذكى باستخدام الحاسبات (Intelligent Computer Aided Instruction)	٥٤
	(٢-٧-٢) مقومات تصميم نظم التعليم الذكى (Design Issues for(I C A I) Systems)	٥٨
	(٢-٨) الوسائط المتعددة (Multimedia)	٥٩
	الفصل الثالث " النظم الخبيرة ومجالاتها المختلفة " **Expert Systems and its Different Domains**	٦٣
	(٣-١) النظم الخبيرة (Expert Systems)	٦٤
	(٣-١-١) محاكاة للنظام الخبير " المستشار الطبى"	٦٦
	(٣-١-٢) محاكاة لنظام خبير مبسط للتعرف على الصور الجوية	٦٨
	(٣-١-٣) محاكاة لنظام خبير لتحديد الأعطال (Fault Diagnostic Expert System)	٦٩
	(٣-٢) الخصائص والمتطلبات العامة للنظم الخبيرة	٧٢
	(٣-٢-١) السمات العامة	٧٢
	(٣-٢-٢) المجالات المناسبة	٧٣
	(٣-٢-٣) تجمع النتائج من البيانات (Data Convergence)	٧٣
	(٣-٣) تقنيات البرمجة للنظم الخبيرة (Expert System Techniques)	٧٥
	(٣-٤) اللغات والحزم المناسبة للنظم الخبيرة	٧٧
	(٣-٥)أدوات بناء النظم الخبيرة (Expert System Building Tools)	٨٠
	(٣-٦) الأدوات المساعدة (ToolKits)	٨٣
	الفصل الرابع " المجالات التطبيقية للنظم الخبيرة " **Expert System's Practical Applications**	٨٥
	(٤-١) المجالات التطبيقية للنظم الخبيرة	٨٦
	(٤-٢) قائمة النظم الخبيرة (Expert Systems List)	٨٨
	الفصل الخامس "حاسبات الجيل الخامس" **Fifth Generation Computer Systems**	٩٥
	(٥-١) نظم الحاسبات (Computer Systems)	٩٦
	(٥-٢) نظم الحاسبات المعتمدة على الذكاء الاصطناعى (AI- Based Computer Systems)	٩٧
	(٥-٢-١)مقومات حاسبات الذكاء الاصطناعى (Issues for AI- Based Computer)	٩٨
	(٥-٣) حاسبات الجيل الخامس المشروع اليابانى (Fifth Generation Computer Systems)	١٠٠

الصفحة	الموضـــــــــوع	مسلسل

(٥-٣-١) الخطة الاساسية للمشروع ١٠٠

(٥-٤) نتائج المشروع ١٠٢

(٥-٤-١)مشروعات الجيل الخامس اليابانى (١٩٨١-١٩٩٢) ١٠٢

(٥-٤-٢) حاسبات الإستدلال المتوازية ١٠٢

الجزء الثانى

المعالجة الرمزية

Symbolic Processing

الفصل السادس " الأسس الرياضية للمعالجة الرمزية" ١٠٧

Mathematical Basics For Symbolic Processing

(٦-١)الأسس الرياضية للمعالجة الرمزية ١٠٨

(٦-١-١)المعرفة - الوصف والعلاقات. ١٠٨

(٦-١-٢)تصنيف العلاقات ١٠٩

(٦-١-٣)العلاقات والصفات ١٠٩

(٦-١-٤)العلاقات غير الثنائية (ذات الرتبة اكبر من ٢). ١١٠

(٦-٢)الشبكات الدلالية (Semantic Nets) ١١١

الفصل السابع "النمذجة الحسابية وتمثيل المعارف" ١١٣

Computational Modelling and Knowledge Representation.

(٧-١)النمذجة الحسابية (Computational Modelling) ١١٤

(٧-١-١)مراحل إنشاء وتطوير النماذج (Levels of Model Development) ١١٥

(٧-٢)خواص التمثيل لنظم الإستدلال المبنى على النماذج (MBR Characteristics) ١١٧

(٧-٣)القواعد الهندسية للنمذجة ١١٨

(٧-٤)التمثيل بإستخدام الإطارات (Representation using frames) ١١٩

(٧-٤-١)تصميم الاطارات ١٢٠

(٧-٥)التعرف على طرق تمثيل المعرفة (Knowledge Representation Approaches) ١٢١

الفصل الثامن "آليات تقنيات الإستدلال (المنطق الرمزى الحسابى" ١٢٣

Toolbox of Inference Techniques (Symbolic Computational Logic)

(٨-١)المنطق الرمزى الحسابى (Symbolic Computational Logic) ١٢٤

(٨-١-١)الجملة (Statement) ١٢٥

مسلسل	الموضـــــــــــــوع	الصفحة
	(٨-٢)التعبير الرمزى عن الجملة	١٢٦
	(٨-٣)قاعدة التضمين الشرطى (Implication)	١٢٧
	(٨-٣-١)التضمين والنظم المبنية على القواعد (Implication and Rule - Based Systems)	١٢٨
	(٨-٣-٢)خواص قاعدة التضمين الشرطى	١٢٨
	(٨-٤)التسلسل المتقدم (Forward Chaining)	١٢٩
	(٨-٥)شبكات الإستدلال (Inference Nets)	١٣٠
	(٨-٦)قاعدة التضمين الشرطى الإيجابى (Modus Ponens)	١٣١
	(٨-٧)الإسنادات و المتغيرات (Predicates and Variables)	١٣١
	(٨-٨)المنطق الإسنادى (Predicate Logic)	١٣١
	(٨-٨-١)الإسنادات المعتمدة على الأرقام (Numerically Based Predicates)	١٣٢
	(٨-٨-٢)الإسناد ذو المتغير الواحد (Unary Predicate)	١٣٢
	(٨-٨-٣)إختيار التمثيل للإسنادات (Choosing Predicate Representation)	١٣٣
	(٨-٨-٤)الإسنادات و الجمل المركبة (Predicates and Compound Statement)	١٣٣
	(٨ -٩)محددات الكمية (Quantifiers)	١٣٤
	(٨-٩-١)تكافؤ الإسنادات المحددة الكمية (Equivalence of Quantified Predicates)	١٣٥
	(٨-٩-٢)التكرار بإستخدام النفى(Tautology)	١٣٥
	(٨-٩-٣)اللغة المنطقية أحادية الرتبة	١٣٦
	(٨-١٠)إيجاد الحلول للمشكلات (Problem Solving)	١٣٧
	(٨-١٠-١)الإثبات التحليلى أوالتفنيدى ((Proof by Resolution (Refutation))	١٣٧
	(٨-١١)التوحيد (Unification)	١٤٠
	(٨-١١-١)قواعد التوحيد (Unification Rules)	١٤٠
	(٨-١١-٢)التعويض و الربط (Substitution and Binding)	١٤١
	(٨-١١-٣)خوارزميات التوحيد(Unification Algorithms)	١٤١
	(٨-١١-٤)التوحيد بمقارنة قوائم الربط (Unification by Checking the Binding Lists)	١٤٦
	الفصل التاسع" نظم الإستدلال المعتمدة على القواعد" **Rule-Based Inference Systems**	١٤٩
	(٩-١) نظم الإنتاج (Production Systems)	١٥٠
	(٩-١-١)محرك الإستدلال أو الإستنباط (Inference Engine)	١٥١
	(٩-١-٢)السمات العامة لنظم الانتاج (Features of Pruduction Systems)	١٥٢

Converted by Tiff Combine - (no stamps are applied by registered version)

الصفحة	الموضـــــوع	مسلسل
١٥٢	(٩-١-٣)محرك الإستدلال وإيجاد الحل للمشكلات (Inference Engine & Problem Solving)	
١٥٣	(٩-١-٤) خصائص نظم الانتاج (Production System Properties)	
١٥٤	(٩-١-٥) نظم الانتاج والتخطيط (Production System and Planning)	
١٥٦	(٩-١-٦)نظم الانتاج القابلة للتجزئة (Decomposable Production System)	
١٥٦	(٩-٢)الاستدلال المتسلسل المعتمد على القواعد (Rule-Based Chaining Inference)	
١٥٧	(٩-٢-١)نظام تسلسل امامى بإستخدام الليسب (Forward Chaining System using LISP)	
١٥٨	(٩-٣)التسلسل الخلفى (Backward Chaining)	
١٥٨	(٩-٣-١)أساسيات التسلسل الخلفى (Basis for Backward Chaining)	
	الجزء الثالث	
	لغات البرمجة والتطبيقات	
	Programming Languages andApplications	
١٦٣	**الفصل العاشر " الذكاء الإصطناعى ولغات البرمجة"**	—
	(AI and Programming Languages)	
١٦٤	(١٠-١)المعالجة الرمزية ولغات البرمجة (Symbolic Processing &Programming Languages)	
١٦٤	(١٠-١-١) المعالجة الرمزية المعالجة التقليدية (Symbolic and " Conventional " Processing)	
١٦٤	(١٠-٢)نظم المعالجة المختلطة (Coupled Processing Systems)	
١٦٦	(١٠-٣) التمثيل الحسابي وتراكيب البيانات (Manipulable Representations &Data Structures)	
١٦٧	(١٠-٤)الفرض الوصفي للبرمجة المنطقية (Descriptive Concept for Prolog)	
١٦٨	(١٠-٥)الشروط الواجبة في لغات الذكاء الإصطناعى	
١٦٩	(١٠-٦) المتطلبات البيئية لنظم البرمجة (Environmental Requirements for AI Programming)	
١٧٠	(١٠-٧)تصنيف لغات البرمجة (Programming Langues Classification)	
١٧٥	**الفصل الحادى عشر "تطبيقات بإستخدام اللغات المنطقية (البرولوج السريع)"**	
	Application using Prolog (Turbo Prolog)	
١٧٦	(١١-١)لغة البرمجة المنطقية (Prolog)	
١٧٦	(١١-٢)لغة البرمجة المنطقية السريعة (Turbo Prolog)	
١٧٧	(١١-٣)التمثيل الرمزي للكيانات والعلاقات	
١٧٧	(١١-٣-١)التمثيل الرمزى للنشاط الرياضى	

الصفحة	الموضـــــــــوع	مسلسل
١٧٩	(١١-٣-٢)المتغيرات (Variables)	
١٧٩	(١١-٣-٣)الأشياء والعلاقات (Objects and Relations)	
١٨٠	(١١-٤)الاهداف المركبة (Compound Goals)	
١٨٠	(١١-٤-١)قاعدة بيانات للسيارات المستخدمة	
١٨١	(١١-٤-٢)المتغير المجهول (Anonymous Variable)	
١٨٢	(١١-٥)التتبع الخلفى (Backtracking)	
١٨٢	(١١-٥-١)التمثيل الرمزي للصفات الشخصية	
١٨٣	(١١-٦) النفى بإستخدام الاداة (لا) (Tautology Using Not)	
١٨٣	(١١-٦-١)التوافق بين العادات للاشخاص (Matchmaker)	
١٨٤	(١١-٦-٢)تمثيل وبرمجة العلاقات العائلية	
١٨٧	(١١-٦-٣)تمثيل وبرمجة الهوايات الشخصية	
١٨٧	(١١-٧) المجالات القياسية	
١٨٨	(١١-٧-١)إستخدام المجالات القياسية	
١٨٩	(١١-٨)تمثيل توصيف الاشياء المركبة (Compound Objects)	
١٩١	(١١-٨-١)المجالات المشتملة على تفصيلات دقيقة للكيانات المركبة	
١٩٣	(١١-٩)التكرار (Recursion)	
١٩٤	(١١-٩-١)الاشياء المتكررة (Recursive Objects)	
١٩٥	(١١-١٠)القوائم (Lists)	
١٩٨	(١١-١١)ميكانيكية البحث (Search Mechanism)	
١٩٨	(١١-١١-١)عملية التوحيد (Unification Process)	
١٩٨	(١١-١١-٢) قاعدة بيانات للمطبوعات بالمكتبات	
٢٠٠	(١١-١٢)التحكم فى البحث لاحراز الاهداف (Controlling the Search for Solutions)	
٢٠٣	(١١-١٣)التتبع الخلفى المدفوع (Forced Backtracking)	
٢٠٤	(١١-١٣-١)الايقاف المحدد للتتبع الخلفى (Preventing Backtracking)	
٢٠٧	**الفصل الثانى عشر" المعالجة الرمزية للعمليات الحسابية والرسوم التصويرية"** **Symbolic Processing for Arithmetic Operations & Graphics**	
٢٠٨	(١٢-١) المعالجة الرمزية للعمليات الحسابية (Symbolic Processing for Arithmetic Operations)	
٢١٠	(١٢-٢)إيجاد الحل لمعادلة الدرجة الثانية	
٢١٢	(١٢-٣)الدوال الحسابية (Arithmetic Functions)	

مسلسل	الموضـــــوع	الصفحة
	الفصل الثالث عشر "قواعد البيانات الديناميكية" **Dynamic Databases**	٢١٣
	(١٣-١)قواعد البيانات الديناميكية (Dynamic Databases)	٢١٤
	(١٣-١-١)توصيف قاعدة البيانات	٢١٤
	(١٣-١-٢)التعامل مع الحقائق (Handling Facts)	٢١٥
	(١٣-٢)قواعد البيانات الديناميكية الممتدة	٢١٦
	(١٣-٣) المميزات العامة للغة البرمجة المنطقية السريعة	٢١٨
	(١٣-٣-١)عناصر لغة البرمجة المنطقية السريعة	٢١٩
	الفصل الرابع عشر "بناء نظم تطبيقية " **Building Application Systems**	٢٢١
	(١٤-١)نظام خبرة تعليمى مبسط للتعرف على الحيوانات (Small Expert System for Animal Identification)	٢٢٢
	(١٤-٢) نظام أولي لتقدير افضل المسارات بين المدن (Prototyping for Best Routing between Cities)	٢٢٦
	(١٤-٣)(نظم الانقاذ) إختيار المسار الآمن (Safe Routing Selection System)	٢٢٧
	(١٤-٤) محاكاة الدوائر المنطقية الرقمية (Simulation of Digital Logic Circuits)	٢٣٠
	(١٤-٥)حل الالغاز (Puzzle Solving)	٢٣١
	(١٤-٦)تخمين الكلمات (Word Guessing)	٢٣٣
	الفصل الخامس عشر" لغة البرمجة بأسلوب القائمة" **LISP**	٢٣٥
	(١٥ -١) التعرف علي لغة البرمجة بالقائمة (List Processing)	٢٣٦
	(١٥-١-١)الذرات (Atoms) و القوا ئم (Lists)	٢٣٧
	(١٥-٢) تراكيب البرامج (Programming Structure)	٢٣٧
	(١٥-٣) العمليات الحسابية المنطقية (Arithematic Manipulation)	٢٣٨
	(١٥-٣-١) التعامل بالقوائم (List Operations)	٢٣٩
	(١٥-٤)الدوال الاكثر استخداماً (Commonly Used LISP functions)	٢٤١
	(١٥-٥)التكرار عند عكس عناصر القائمة (Recursive List reverser)	٢٤٦
	(١٥-٦) التصنيف والتوحيد للنماذج (Classification /Model Unification)	٢٤٧
	(١٥-٧) خواص التمثيل بلغة الليسب (Characterization of LISP Reperesentations)	٢٤٨
	(١٥-٧-١) نماذج ذاكرة الحاسب (Computer Memory Models)	٢٤٩

مسلسل	الموضوع	الصفحة
	(١٥-٧-٢) تمثيل الرسوم البيانية بالذاكرة (Computer Representation of Graphs)	٢٥٠
	(١٥-٧-٣) تمثيل العلاقات بالمصفوفات (Matrix Representation of Relations)	٢٥١
	(١٥-٨)خلية آداة الربط (cons) وبناء القوائم (The cons Cell and Building Lists)	٢٥٣
	(١٥-٩)التعبير النقطي او الثنائيات المنقطة.(LISP "Dot" or Dotted Pair Notation)	٢٥٥
	الجزء الرابع	
	الشبكات العصبية الإصطناعية والحساب العصبي	
	Artificial Neural Network & Neural Computing	
	الفصل السادس عشر"تطورالشبكات العصبية الإصطناعية" **Artificial Neural Networks Development**	٢٥٧
	(١٦-١)الشبكات العصبية الإصطناعية (Artificial Neural Networks)	٢٥٨
	(١٦-٢)تطور الشبكات العصبية الإصطناعية (Artificial Neural Networks Development)	٢٦١
	(١٦-٣)السمات العامة للنيرون (General Features of Neuron)	٢٧٠
	(١٦-٣-١)التركيب المبسط للوحدة العصبية النيرون (Simple Structure of Neuron)	٢٧٠
	(١٦-٣-٢) ميكانيكية التعلم في النظم البيولوجية (Learning Mechanism in Biological Syst.)	٢٧٢
	(١٦-٣-٤) نموذج "ماك كلوش وبتس" الرياضي (McCulloch & Pitts Mathematical Model)	٢٧٣
	(١٦-٣-٥) النموذج ذو القيمة المنحازة (Biased Model)	٢٧٤
	(١٦-٤)ميكانيكية التعلم في النيرونات البسيطة (Learning Mechanism in Simple neurons)	٢٧٦
	(١٦-٤-١) خوارزم التعليم لعنصر الادراك (Perceptron Learning Algorithm)	٢٧٨
	(١٦-٤-٢) التمثيل المتجهي لميكانيكية التعليم (Vectorial Analogy for Learning Mechanism)	٢٨١
	(١٦-٤-٣) حدود التطبيق لنموذج عنصر الادراك المفرد (Limitations of Perceptron Applications)	٢٨٢
	الفصل السابع عشر" الشبكات العصبية المتعددة الطبقات" **Multilayer Neural Networks**	٢٨٣
	(١٧-١)الشبكات العصبية المتعددة الطبقات (Multilayer Neural Network)	٢٨٤
	(١٧-١-١)النموذج متعدد الطبقات (Multilayer Model)	٢٨٥
	(١٧-١-٢) قاعدة دلتا المعممة للتعليم (Generalised Learning Delta Rule)	٢٨٦
	(١٧-١-٣) التمثيل الرياضي لقاعدة دلتا للتعليم (Mathematical Repres of Delta Rule)	٢٨٧
	(١٧-١-٤) خوارزم التعليم للنموذج متعدد الطبقات (The Multilayer Learning Algorithm)	٢٩٢

مسلسل	الموضــــــــــوع	الصفحة
	(١٧-١-٥) وضع الحل لمشكلة الدائرة (أو- المانعة) (Solution Of (XOR) Problem)	٢٩٣
	(١٧-٢)سلوك الشبكات المتعددة الطبقات (Behaviour Of Multilayer Network)	٢٩٤
	(١٧-٣) الشبكات المتعددة الطبقات كمصنفات (Multilayer Network As Classifiers)	٢٩٦
	(١٧-٣-١)الحدود والمناطق المحدبة (Convex Hulls and Convex Regions)	٢٩٧
	(١٧-٣-٢)تحديد طبيعة العمل للطبقات (Function Determination of Layers)	٣٠٠
	(١٧-٤)خاصية التعميم (Generalisation Property)	٣٠٠
	(١٧-٥)التجاوز عن الخطأ (Fault Tolerance)	٣٠١
	(١٧-٦)بعض تطبيقات الشبكات المتعددة الطبقات (Some Applications)	٣٠١
	(١٧-٦-١)الشبكة الناطقة (NETTALK)	٣٠١
	(١٧-٦-٢)المخطط التسويقي لشركات الطيران (Airline Marketing Tactican)	٣٠٢
	(١٧-٦-٣)تنقية رسم القلب الكهربي من التشويش (ECG Noise Filtering)	٣٠٣
	(١٧-٦-٤)نظام النشرالالكتروني للبيانات (Electronic Data Publishing System)	٣٠٤
	الفصل الثامن عشر "شبكات كوهنن العصبية ذاتية التنظيم" Kohonen Self - Organising Neural Networks	٣٠٧
	(١٨-١)التعليم الذاتي (Unsupervised Learning)	٣٠٨
	(١٨-١-١)فروض التنظيم الذاتي (Self-organisation Concepts)	٣٠٨
	(١٨-١-٢)شبكة كوهنن ذات البعدين (Two-dimensional Kohonen's Network)	٣٠٩
	(١٨-٢)خوارزم كوهنن للتعليم الذاتي (Kohonen's Algorithm for Self-organised Learning)	٣١٠
	(١٨-٢-١)التوصيل التبادلي الجانبي (Lateral Interconnection)	٣١٢
	(١٨-٣) التعليم بإستخدام التوزيع الكمي للمتجهات (Learning by Vector Quantisation (LVQ))	٣١٥
	(١٨-٤)بعض تطبيقات شبكات كوهنن (Some Applications)	٣١٥
	(١٨-٤-١)النشر المكتبي باستخدام الصوت (Phonetic Word- processing)	٣١٥
	الفصل التاسع عشر"شبكات هوبفيلد العصبية ذات الإتصال الكامل" Hopfield Fully - Connected Neural Networks	٣١٩
	(١٩-١)شبكات هوبفيلد (Hopfield Networks)	٣٢٠
	(١٩-١-١) تركيب(معمارية) الشبكة (Network Structure)	٣٢٠
	(١٩-٢)سلوك الشبكة ذات الاتصال الكامل (Behaviour Of Fully Connected Network)	٣٢١
	(١٩-٣)خوارزم هوبفيلد للشبكات ذاتية الترابط (Hopfield 's Algori. for Autoassociative Network)	٣٢٢
	(١٩-٤)مستويات الطاقة لشبكات هوبفيلد (Energy Landscape for Hopfield 's Network)	٣٢٤

مسلسل	الموضـــــــوع	الصفحة
	(١٩-٤-١)ميكانيكية الخزن للبصمات (Patterns Storing Mechanism)	٣٢٥
	(١٩-٤-٢)ميكانيكية استدعاء البصمات(التذكر)(Stored Patterns Recall Mechanism)	٣٢٧
	(١٩-٤-٣)التحديث المتزامن والغير متزامن (Synchronous & Asynchronous Updating)	٣٢٩
	(١٩-٥)آلة بولتزمان الحرارية (The Boltzmann Thermal Machine)	٣٣٠
	(١٩-٥-١) خوارزم التعليم لآلة بولتزمان (The Boltzmann Learning Algori)	٣٣٣
	(١٩-٦) بعض التطبيقات لآلة بولتزمان (Some Application for Boltzmann Thermal Machine)	٣٣٥
	(١٩-٦-١)مشكلة البائع المتجول (The Travelling Salesman Problem)	٣٣٥
	الفصل العشرون" نظرية الرنين المتكيّف الشبكات العصبية المكثفة التوازي" Adaptive Resonance Theory (ART) Massively Parallel Neural Networks	٣٣٩
	(٢٠-١)نظرية الرنين المتكيّف (Adaptive Resonance Theory (ART))	٣٤٠
	(٢٠-٢)معمارية شبكات نظرية الرنين المتكيّف (ART Network Architecture)	٣٤٠
	(٢٠-٣)ميكانيكية العمل لشبكات نظرية الرنين المتكيّف (Oparation Mechanism For ART Nets)	٣٤٢
	(٢٠-٣-١)طور التنشيط (Initialisation Phase)	٣٤٢
	(٢٠-٣-٢)طور التعرف (Recognition Phase)	٣٤٣
	(٢٠-٣-٣)طور المقارنة (Comparison Phase)	٣٤٥
	(٢٠-٣-٤)حد مراقبة الاختبار (Vigilance Threshold Test)	٣٤٥
	(٢٠-٣-٥)طور البحث (Search Phase)	٣٤٦
	(٢٠-٤) خوارزم التعليم لنظرية الرنين المتكيّف (ART Network Learning Algorithm)	٣٤٦
	(٢٠-٤-١) مثال لدورة التعليم (Example of A Learning Cycle)	٣٤٨
	قائمة المراجع	٣٥١

الجـزء الأول

الذكاء الإصطناعى الحاضر والمستقبل

Artificial Intelligence
The Present and The Future

الفصل الأول

الذكاء الإصطناعى
والذكاء الإنسانى

Artificial and
Human Intelligence

(١-١) مقدمة (Introduction)

تشترك جميع الكائنات الحية فى وجود منظومات عصبية (Neural Systems) تمكنها من التعامل والتفاعل مع البيئة المحيطة بها كما تساعدها فى التحكم فى العمليات الحيوية اللازمة لإستمرار الحياة لهذه الكائنات . وتختلف المنظومات العصبية من كائن إلى آخر حيث تكون بسيطة التركيب وطبيعة العمل فى الكائنات الأولية ذات التركيب الخلوى البسيط ومعقدة التركيب وطبيعة العمل فى الكائنات الاكثر علواً مثل الإنسان. وتعتبر المنظومة العصبية للإنسان أعقد المنظومات العصبية على الإطلاق والتى يتركز معظمها فى المخ البشرى الذى يتميز بطبيعة عمل أدت إلى تفوق الإنسان على سائر المخلوقات الأخرى فى قدرات التفهم والتعرف على الأشكال والرموز والتعلم والتحدث والتذكر والإدراك والسيطرة الدقيقة على الجهاز الحركى وما إلى ذلك من العديد من الصفات والقدرات التى لا يستطيع أى كائن آخر غير الإنسان إلى الوصول إليها.

كما يعرف الذكاء البشرى (Human Intelligence) بأنه المقدرة والمهارة على وضع وايجاد الحلول للمشكلات (Problem Solving) بإستخدام الرموز (Symbols) وطرق البحث المختلفة و معالجة المعرفة (Knowledge) والقدرة على إستخدام الخبرة المكتسبة (Experties) فى اشتقاق معلومات ومعارف جديدة تؤدى إلى وضع الحلول لمشاكل ما فى مجال معين، ويتفاوت مستوى الذكاء من شخص إلى آخر كما يعتبر الذكاء البشرى هو المسئول عن التطور والإبداع فى نمو الحضارات المختلفة.

ونظراً لأهمية الذكاء البشرى فإن الإنسان كان ولايزال دائم البحث عن طبيعة هذا الذكاء وكيف يمكن قياسه ووضع الخطوات لمحاكاة أساليبه فى شكل برامج بإستخدام الحاسبات .ولقد إقتصرت دراسة الذكاء البشرى لفترة طويلة على علماء النفس ،ولكن التقدم السريع فى جميع فروع العلوم فى النصف الأخير من هذا القرن قد أدى إلى مساهمة وتلاحم علوم كثيرة مثل الفسيولوجى والبيولوجى والرياضيات والفيزياء والهندسة والحاسبات والفلسفة واللغويات فى دراسة ومحاكاة نظم الذكاء الإنسانى وتطويرها ، فلقد راود الباحثين الأمل فى انتقال أساليب الذكاء الفطرى والخبرة المكتسبة للإنسان إلى نظم البرمجة للحاسبات لكى يمكن الإستفادة بهافى كثير من شتى مجالات الحياة المختلفة والتى تتطلب قدرا من الذكاء و الخبرة اللازمة لمسايرة

التـطور فى التطبيقات الصناعية الزراعية والتجارية الحديثة . وبذلك أدى إستخدام الحاسبات فى مجالات التعرف على الأشكال والرموز والنماذج المختلفة إلى ظهور نظم الذكاء الإصطناعى والتى تميزت بانتقال جزء من اساليب الذكاء الإنسانى إلى نظم البرمجة للحاسبات والتى ساهمت بدورها فى بناء نظم الخبرة التى إشتملت بعضا من الخبرة المكتسبة للانسان.

يقدم هذا الكتاب اساسيات الذكاء الإصطناعى والشبكات العصبية والنظم الخبيرة للقارىء العربى كما يحتوى على شرح للطاقات والقدرات للجيل الخامس للحاسبات والتي تعرف بحاسبات الاستدلال و يوضح أن الذكاء الإصطناعى هو بمثابة الثورة التى سببت الانفجار فى المعلومات والمعارف والتى واكبت التقدم فى التكنولوجيا الصناعية للحاسبات والذى يمكن ان يستهل بالاجابة على السؤال الآتى :

ما هو الذكاء الإصطناعى للحاسبات ؟

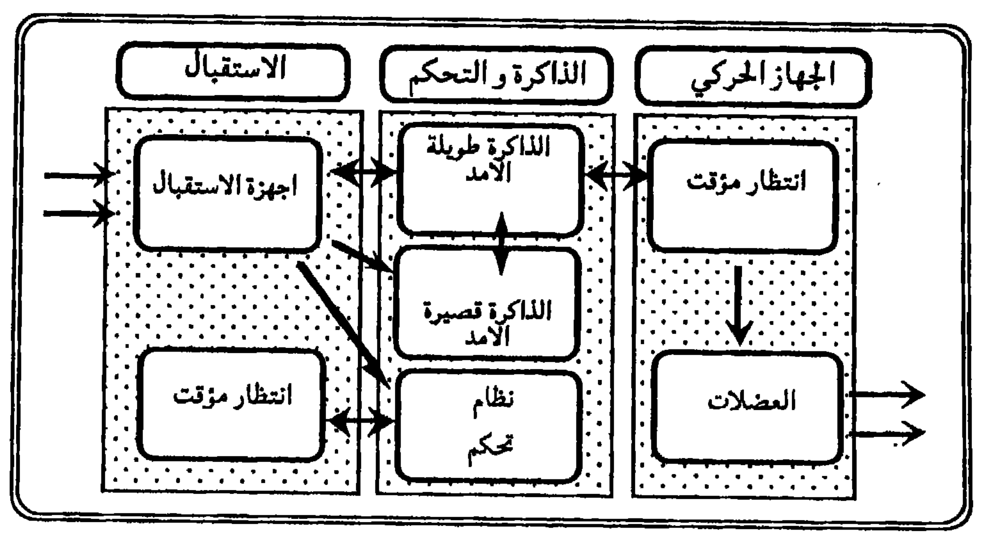
للإجابة عن هذا السؤال فإنه يمكن تعريف الذكاء الإصطناعى بأنه :

" ذلك الفرع من علوم الحاسب (Computer Science) الذى يمكن بواسطته خلق وتصميم برامج للحاسبات التى تحاكى اسلوب الذكاء الإنسانى لكى يتمكن الحاسب من ادآء بعض المهام بدلا من الانسان والتى تتطلب التفكير والتفهم والسمع والتكلم والحركة " والتى ترجع بدايته الى التحول من نظم البرمجة التقليدية بعد الحرب العالمية الثانية إلى إستحداث برامج للحاسبات تتسم بمحاكاة الذكاء الإنسانى فى إجراء الالعاب و وضع الحلول لبعض الالغاز والتى أدت بدورها إلى نظم اكبر للمحاكاة، والتى تبلورت بعد ذلك وأصبحت نظما للذكاء الإصطناعى.

فى البداية إختلفت نظرة كثير من العلماء إلى تفسير نظم الذكاء الإصطناعى وإعتبرها بعضهم كفرع من التصميم الهندسى وإعتبرها البعض الاخر بأنها مرتبطة بعلوم محاكاة نظم التفكير الإنسانى، وفى الحقيقة فإن الذكاء الإصطناعى ما هو إلا محاكاة لطرق ذكاء الإنسان ومحاكاة لكيفية إستخدام خبرته المكتسبة في مجال معين وكذلك طرق تفهمه للغات المختلفة وكيفية التعرف علي الصور والتحدث والتى أدت إلى تطور وظهور تقنيات لتصميم برامج تحول الحاسبات الى آلآت ذات ذكاء مصنع او لتعمل اعمالا تتسم بالذكاء والخبرة الانسانية.

(١-٢) العقل الإنسانى ومعالجة المعرفة
(Human Mind and Knowledge Processing)

مما لا شك فيه أن عملية معالجة الانسان للمعارف من العمليات المعقدة جدا و يكفى أن نعرف ان قدرة الله سبحانه و تعالى فى ابداع الخلق من ان خلايا العين البشرية تكون قادرة على إدخال ومعالجة و تحليل ما يوازى ٥٠٠ معادلة رياضية تفاضلية لاخطية ولحظية وذلك فى زمن قدره جزء من عشرين جزءاً من الثانية الواحدة . و بمقارنة هذه القدرة فى التحليل بما يقوم به الحاسب السوبر من عائلة كراى (Cray Family) والذى يعتبر من أضخم وأكبر وأسرع الحاسبات السوبر الرقمية فإن ذلك يتطلب عدة دقائق لتحليل مثل هذا العدد من المعادلات وإذا فرضنا أن هناك عينان بشريتان يتبادلان إدخال المعلومات فإنه يمكن القول بان هذا الحاسب السوبر سوف يحتاج لتحليل ما يراه الإنسان فى ثانية واحدة هو اشهرمن التشغيل وباستخدام حاسبات الجيل الخامس القادرة علي اجراء التحليل الرمزي مثل حاسب الإستدلال المتوازى والتى تبلغ سرعته ألف مليون وحدة إستدلالية فى الثانية فإن هذا الوقت يتم اختصاره بشكل كبير. ومن المعروف أن البيانات الخارجية تدخل إلى المخ عن طريق خمس انواع من الاستشعار مثل الرؤية والسمع و الاحساس وغير ذلك حيث يتم تخزين هذه المعلومات والبيانات احتياطيا فى ذاكرة قصيرة الأمد (Short Term Memory) شكل (١-١) وذلك لتحليلها ثم نقلها بعد ذلك الي الذاكرة طويلة الأمد(Long Term Memory) والتى يخزن بها الاشكال والرموز والعلاقات بين هذه الأشكال وكذلك العلاقات التى تستخدم فى المعالجة والتوضيح



شكل (١-١) تمثيل مبسط لعمل المخ البشرى

لأى معــلومة فى الذاكرة الاحتياطية، وتعتبر الذاكرة الاساسية التى تحتوى على القليل من البيانات هى الذاكرة قصيرة الأمد والتى تحتاج ما يقرب من ١٥ الى ٢٠ دقيقة لنقل وتخزين هذه البيانات تماما فى الذاكـرة طويلة الأمد والدلالة على ذلك إنه إذا تعرض الإنسان لتهتك فى خلايا المــخ فى حادثة سيارة مثلا فإن الذاكرة طويلة الأمد يمكن لها ان ترجع ثانية تماما ولكن ما يحدث فى المدة التى تبلغ من ١٥ إلى ٢٠ دقيقة قبل الحادث فإنه معرض للضياع و فى كثير من الأحوال فإنه لا يمكن إسترجاعه .

ولعقد مقارنة مبسطة بين ذاكرة الحاسب و ذاكرة الإنسان فإنه يمكن إعتبار **الذاكرة قصيرة الأمد** على انها تماثل ذاكرة التشغيل للحاسب(RAM) والتى تفقد كل ما بها من بيانات إذا تعرض الحاسب لحادثة مثل انقطاع التيار الكهربى، حيث تضيع جميع المعلومات المخزونة بها. أما **الذاكرة طويلة الأمد** فى مخ الإنسان فهى تماثل الاقراص المغنطة اللينة او القرص الصلب(Hard Disk) حيث تخزن الأشكال والبيانات كمتغير فى نوعية المغناطيسية لمادة القرص او الاقراص المدمجة عالية الكثافة واقراص الليزر(CD) ، وفى الحقيقة فإنه إذا تعرض الإنسان لحادثة سيارة مثلا والتى يتهتك فيها جزء من المخ فإن مثل هذا الشخص يمكنه ان يشفى تماما و يعود إلى حالته الطبيعية إذا لم تتعرض مراكز الكلام والأعصاب المسئولة عن الحركة إلى التلف وذلك بفضل طريقة التخزين المعتمدة على المعالجة والتحليل والتوزيع المتوازى.

(١-٣) المخ والتمثيل الرمزى للمعرفة

يعتبر المخ الإنسانى وطريقة عمله ووظائفه المختلفة وخصوصا القدرة على المعالجة الرمزية والذاكرة طويلة الأمد من الاشياء الجاذبة لإنتباه كثير من علماء وخبراء الحاسبات الذين يعملون على تطوير الحاسبات الذكية حيث تعتبر بصمات الأشكال والرموز التى تختزن فى ذاكرة الإنسان والمماثلة للبيانات الرقمية التى تخزن فى شبكة المعلومات هى الاساس فى المعالجة الرمزية ومن المنطقى ان يصبح المخ مزوداً بنظام فهرسة رمزى عالى المستوى يسمح بتخزين وإسترجاع هذه الأشكال عند طلبها وذلك بالقيام بتنظيم الاشكال فى مجموعات تحتوى على الحقائق والعلاقات بينهما بشكل يسمح بتخزنها واسترجاعها كوحدة واحدة، ولقد اثبتت الدراسة أن اكبر عدد من هذه المجموعات التى يمكن أن يعالجها و يوضحها الإنسان تبلغ من ٤ إلى ٧ مجموعات ويمكن اثبات ذلك بالمثال التالى :إذا كتبنا على ورقة الحروف التالية :

ن ل ب ى م ت ن ع ف ك ظ ر ث خ م ر أ و أ ه ن أ ك أ

ثم نظرنا إليها فى مرة واحدة وحاولنا استرجاعها ثانية بدون النظرإليها فإن قدرة الإنسان على الإسترجاع الفورى لهذه الحروف سوف تكون بين ٤ و ٧ حروف متتالية، ويمكن للإنسان التأكد من ذلك بنفسه وقياس قدرته على إسترجاع هذه الحروف، اما إذا كتبناها جملة صحيحة

" نظم الخبرة كثيرا ما تكون نافعة "

وحاولنا إسترجاع هذه الجملة فإننا سوف ننجح فى إسترجاعها بطريقة صحيحة مع أن عدد الحروف متماثل فى الحالتين الا أنه فى الحالة الاولى فإن المخ يحاول ان يتذكر عدد ٢٥ مجموعة ليس بينها اى روابط وعلاقات مخزونة من قبل و لكن فى الحالة الثانية نجد ان المخ يتذكر ٥ مجموعات حرفية و شكلية معروفة للمخ الإنسانى عن طريق الروابط والعلاقات المخزونة من قبل وهذا يفسر الطريقة المعقدة لمعالجة البيانات فى المخ الإنسانى. وتقاس الخبرة للإنسان بكمية المجموعات التى يمكن تخزينها فى ذاكرته بطريقة منتظمة فى دائرة نطاق عمله بشكل طبقى منتظم التفرع بين هذه المجموعات و الذى يظهر فى شكل صفة تصف بها الإنسان من انه ذو تفكير منتظم من عدمه، ولقد قام علماء الحاسبات بوضع مقياس لعدد المجموعات المخزونة فى مخ الإنسان لكى يصبح خبيرا فى موضوع معين والتى تنحصر بين خمسين ألف و مائة ألف مجموعة من الأشكال المرتبطة مع بعضها البعض.

(١-٤) مراحل تطور الذكاء الإصطناعى

يمكن تقسيم الفترات الزمنية لتطور الذكاء الإصطناعى إلى ثلاثة مراحل :

(١-٤-١) المرحلة الاولى

نشأت المرحلة الاولى فور انتهاء الحرب العالمية الثانية وقد بدأها العالم شانون عام ١٩٥٠ ببحثه عن لعبة الشطرنج وإنتهت بالعالم فيجن باووم وفيلد مان(١٩٦٣)، وتميزت هذه المرحلة بإيجاد حلول للألعاب وفك الألغاز بإستخدام الحاسب والتى اعتمدت على الفكرة الاساسية بتطوير طرق البحث فى التمثيل الفراغى الذى يمثل الحالة وأدت إلى تطوير النمذجة الحسابية وإستحداث النماذج الحسابية معتمدة على ثلاثة عوامل هى :

أ - تمثيل الحالة البدائية للموضوع قيد البحث (مثل لوحة الشطرنج عند بدء اللعب).

ب - اختيار شروط إدراك الوصول إلى النهاية (الوصول إلى التغلب على الخصم) .

جـ - مجموعة القواعد التى تحكم حركة اللاعب بتحريك قطع الشطرنج على اللوحة .

ويمكن وضع رسم تخطيطى لهذة العوامل فى الفراغ تمثل فيه الحالات على شكل نقط إلتقاء (Nodes) وتمثل العمليات(Operations) على انها اقواس انتقال (Arcs) وبذلك يزداد التمثيل ألفراغى بين نقط الإلتقاء و الاقواس كلما تقدم اللعب مثلا كما في لعبة الشطرنج و من هنا فإن الانتقال من حالة إلى اخرى يتم بين نقط الإلتقاء التى تمثل كل حالة للوحة بعد كل حركة ، ولقد أدت هذه النمذجة إلى إستحداث طريقة تتمثل فى اقتراح الحل وإختبارة وادت إلى سهولة فى وضع الخوارزميات لتمثيل لعبة الشطرنج على الحاسب وفى هذه المرحلة تم تطوير طرق البحث إلى نوعين هما :

١- طرق البحث العمقى " فى اتجاه العمق أولا ".

٢- طرق البحث العرضى " فى اتجاه العرض أولا ".

لتوضيح الفرق بين هذين النوعين من طرق البحث، فإنه يمكن القول ان البحث " في اتجاه العرض أولا " يتم فى طبقة واحدة الى ان يصل إلى النتيجة المطلوبة، فاذا لم يحدث ذلك فإنه سوف ينتقل إلى الطبقة الأسفل اى ان البحث "فى اتجاه العرض " أولا يحدد اقصر المسارات التى تتبع للوصول إلى النتيجة. اما البحث " فى اتجاه العمق أولا " فانه ينتقل إلى العمق بسرعة حيث يترك الطبقة التى لاتحتوى على الحل، اى أنه يحدد أقل وقت ممكن للوصول إلى النتيجة وبذلك فإنه يجرى تفضيله فى كثير من الأحوال، كما تميزت هذه الفتره بظهور وتطور البحث الهرمى بإستخدام الحدس(Heuristic Search).

(١-٤-٢) المرحلة الثانية

والتى يطلق عليها المرحلة " الشاعرية " (Romantic) والتى بدأت فى منتصف الستينات إلى منتصف السبعينات، حيث قام العالم منسكى بعمل الإطارات (Frames) لتمثيل المعلومات ووضع العالم ونجراد نظام لفهم الجمل الإنجليزية مثل القصص والمحادثات وقام العالم ونستون والعالم براون بتلخيص كل ما تم تطويره فى معهد الماسيشوستس للتكنولوجيا والتى تحتوى على بعض الأبحاث عن معالجة اللغات الطبيعية والرؤية بالحاسب والروبوتات (الإنسان الآلى) والمعالجة الشكلية او الرمزية .

(١-٤-٣) المرحلة الثالثة (١٩٧٥-١٩٩٥)

ويطلق عليها (المرحلة الحديثة) والتى بدأت منذ منتصف السبعينات والتى تميزت بظهور التقنيات المختلفة التى تعالج كثير من التطبيقات التى أدت فعلا إلى انتقال جزء كبير من الذكاء الإنسانى إلى برامج الحاسبات، وتعتبر هذه الفترة هى العصر الذهبى لازدهار هذا العلم

والتى ادت إلى ظهور كثير من نظم الذكاء الإصطناعى الحديثة، ولقد تبلورت نواة تقنيات الذكاء الاصطناعي لتشمل النمذجة الرمزية (Symbolic Modelling) وميكانيكيات معالجة القوائم (List Processing Mechanisms) والتقنيات المختلفة للبرمجة (Programming Techniques) والتى تفاعلت مع فروع كثيرة من العلوم كما فى شكل (١-٢)) لتشمل الميادين الاتية :

١- اللغات الطبيعية (Natural Languages)

فى هذا المجال ازدهرت فروع اللغويات الحسابية (Computational Linguistics) وعلم الفسيولوجي والتعرف والتفهم وتخليق الاصوات والترجمة الالية والفلسفة.

٢- الرؤية بالحاسب (Computer Vision)

والتى ساهمت في تطور تقنيات التعرف على البصمات وتطوير الوسائل والتقنيات الالكترونية التى تحاكى نظم الرؤية الطبيعية فى الانسان والتى ساهمت فى تطوير الصناعات المدنية والحربية وكذلك تطورعلم الفسيولوجي.

٣- علم الروبوتات (الانسنة) (Robotics)

والتى دفعت فروع الهندسة الميكانيكية والروبوتات الصناعية و التحكم و الالكترونيات وعلم السيبرنتيكا الى اغوار تطبيقية بعيدة المدى الاقتصادى والعلمى.

٤- الالعاب والمباريات (Game Playing)

ولقد ساهمت الالعاب فى تقدم الذكاء الاصطناعى وذلك بادخال ذكاء المستخدم الى البرامج كما ساهمت كذلك فى تطورعلوم الحاسب والمباريات الادارية.

٥- اثبات النظريات (Theorem Proving)

والتى ساهمت فى تطور علم الرياضيات وعلوم المنطق وبعض جوانب علم الفلسفة.

٦- نظرية الحساب والبرمجة الآلية

(Theory of Computation and Automatic Programming)

والتى ساهمت فى تطور علم الرياضيات وعلوم الحاسب.

٧- البحث الهرمى (Heuristic Search)

والتى تشتمل على ميكانيكية البحث وانواعه المختلفة وكذلك تطور النظم الخبيرة.

٨- المكونات المادية للحاسب (Computer Hardware)

والتى ساهمت فى تطور المكونات المادية الالكترونية وتطورعلوم الحاسب بشكل عام.

٩- لغات البرمجة والنظم (Programming Languages and Systems)

والتى أثرت علوم الحاسب بلغات جديدة وغلافات تساعد على التخليق لنظم مستحدثة كما هو مبين فى الابواب القادمة من هذا الكتاب.

١٠- هندسة المعارف (النظم الخبيرة)

(Knowledge Engineering (Expert Systems))

والتى أثرت علوم كثيرة مثل الكيمياء والطب وعلوم الادارة وبحوث العمليات والهندسة المدنية وصناعة البترول بنظم المعلومات وأدت الى تغيير فى النواحى الاقتصادية وذلك بتوفير مبالغ كثيرة.

١١- وضع الحل للمشكلات (Problem Solving)

والتى ساهمت فى تطور علم النفس والرياضيات والمنطق.

١٢- تمثيل المعارف (Knowledge Representation)

والتى أدت الى تطور علم الفلسفة وعلوم الحاسب ونظرية النظم.

١٣- النمذجة المعرفية للادراك (Cognitive Modelling)

والتى أثرت كثير من العلوم منها الفلسفة وعلم النفس والمهارات الانسانية والعلوم العصبية والفسيولوجية والموسيقى.

من أهم الانجازات فى هذه الفترة مايلى :

١- النظم الخبيرة المتطورة ومجالاتها المتعددة (Expert Systems)

٢- نظم وبرامج حاسبات الجيل الخامس المشروع اليابانى(١٩٨١-١٩٩٢).

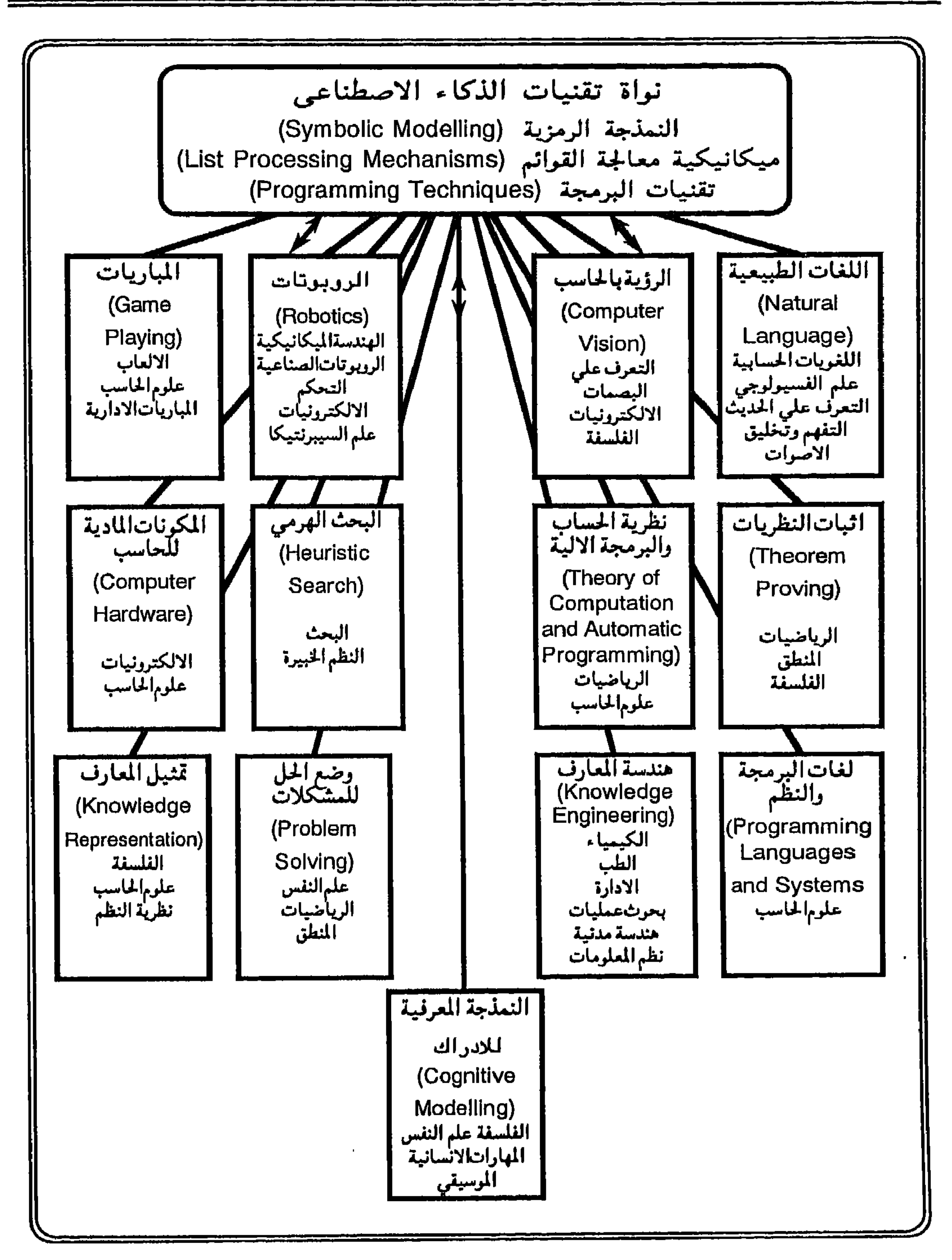
(Fifth Generation Computer Systems)

٣- الشبكات العصبية الإصطناعية والحساب العصبى (١٩٨٠-١٩٩٥م).

(Artificial Neural Networks & Neural Computing)

(١-٤-٤)المرحلة المستقبلية (١٩٩٥-٢٠٢٢م)

يعتقد البعض ان علم الذكاء الاصطناعى مايزال فى مرحلة الطفولة ومن المنتظر ان تتطور اساليب وتقنيات الذكاء الاصطناعى فى القرن القادم تطورا كبيرا وان تشمل تطبيقات عديدة فى الحياة العامة لتصل الى اكبر قدر من المستخدمين وقد تمتد هذه الفترة بين سنة ٢٠١٥ وسنة ٢٠٢٥ م وفيما يلى بعض التطورات المنتظرة فى ثلاث فروع من الميادين الأساسية للتطبيقات الحيوية فى هذا المجال.



شكل(١-٢)ميادين العلوم التى صاحبت تطور نواة تقنيات الذكاء الاصطناعى

المجال الأول : اللغات الطبيعية

أ - اقل مراحل التطور المنتظرة:

١- استحداث نظم لتفهم الحديث المتصل في بعض المجالات الخاصة.

٢- الترجمة الفورية للحديث من خلال الشبكات التليفونية لبعض اللغات.

٣- التعرف الاوتوماتيكى على النصوص وادخالها فى قواعد البيانات.

ب - مرحلة متوسطة للتطور المنتظر:

تطور نظم التفهم للحديث المتصل والترجمة الفورية والتعرف الاوتوماتيكى للنصوص فى جميع المجالات والذى سوف يتم تدعيمة من خلال قواعد البيانات التى تعمل باللغات الطبيعية والانتاج الرخيص للمكونات الالكترونية للذاكرة وتقدم تقنيات تمثيل المعارف.

جـ - أعلى مراحل التطور المنتظر:

يتم الوصول الى وضع الحلول الاساسية لتمثيل المعارف وطرق الاستدلال المختلفة وطرق التعلم وذلك للوصول الى نظم حاسبات تكون لغتها احسن بكثير من بعض المتخصصين وتكون قادرة على الحوار والتفهم والتحدث والترجمة وما الى ذلك.

المجال الثانى : النظم الخبيرة

أ - اقل مراحل التطور المنتظر:

يتم التوسع في توظيف النظم الخبيرة كأدوات لاتخاذ القرار فى ميادين وموضوعات محدودة مع زيادة الاعتماد على مداخل المواءمة التى تعمل باللغات الطبيعية.

ب - مرحلة متوسطة للتطور المنتظر:

فى هذه المرحلة يتم التكامل بين النظم الخبيرة فى شبكات متكاملة فمثلا تتكون الشبكة الطبية من عدة نظم خبيرة يتخصص كل منها فى مجال طبى معين وتصبح الشبكة بيت خبرة عالية المستوى وتترابط الشبكات لتشمل جميع الميادين.

جـ - أعلى مراحل التطور المنتظر:

يتم تطوير مايعرف بالالات الذكية والتى تصل الى مستوى ذكاء يتم توليفة من خلال الاتصال المباشر بين الالة والانسان ويذهب البعض الى القول بان تبادل المعرفة يمكن ان يتم بالاتصال المباشر بين المخ الانسانى ونظام الخبرة وذلك بزراعة نبيطات داخله تكون قادرة على نقل المعرفة الفورية وعند ذلك تصبح الالة الذكية قادرة على الاداء المماثل للانسان.

المجال الثالث : الروبوتات

أ - أقل مراحل التطور المنتظر:

تتمكن بعض الروبوتات من التحرك ويجرى الاعتماد عليها بشكل مكثف فى وسائل الانتاج المختلفة ولاينتظر ان تحل مشكلة التحرك والرؤية كاملاوتظل دون المستوى الانسانى.

ب - مرحلة متوسطة للتطور المنتظر:

تعمل الروبوتات فى الحياة العامة مثل التحصيل وقيادة المركبات وفى المنازل.

جـ - أعلى مراحل التطور المنتظر:

تصبح حرية التحرك كاملة للروبوتات التى تكون كاملة التجهيز والتى تحمل على متنها الحاسب وكذلك وسائل الرؤية الالكترونية المتكاملة والتى تكون دقتها فى كثير من الاحوال اكثر بكثير من الانسان.

ولتوضيح الانجازات السابقة فإنه يمكن شرح العلاقة بين الإنسان والحاسب فيمايلى.

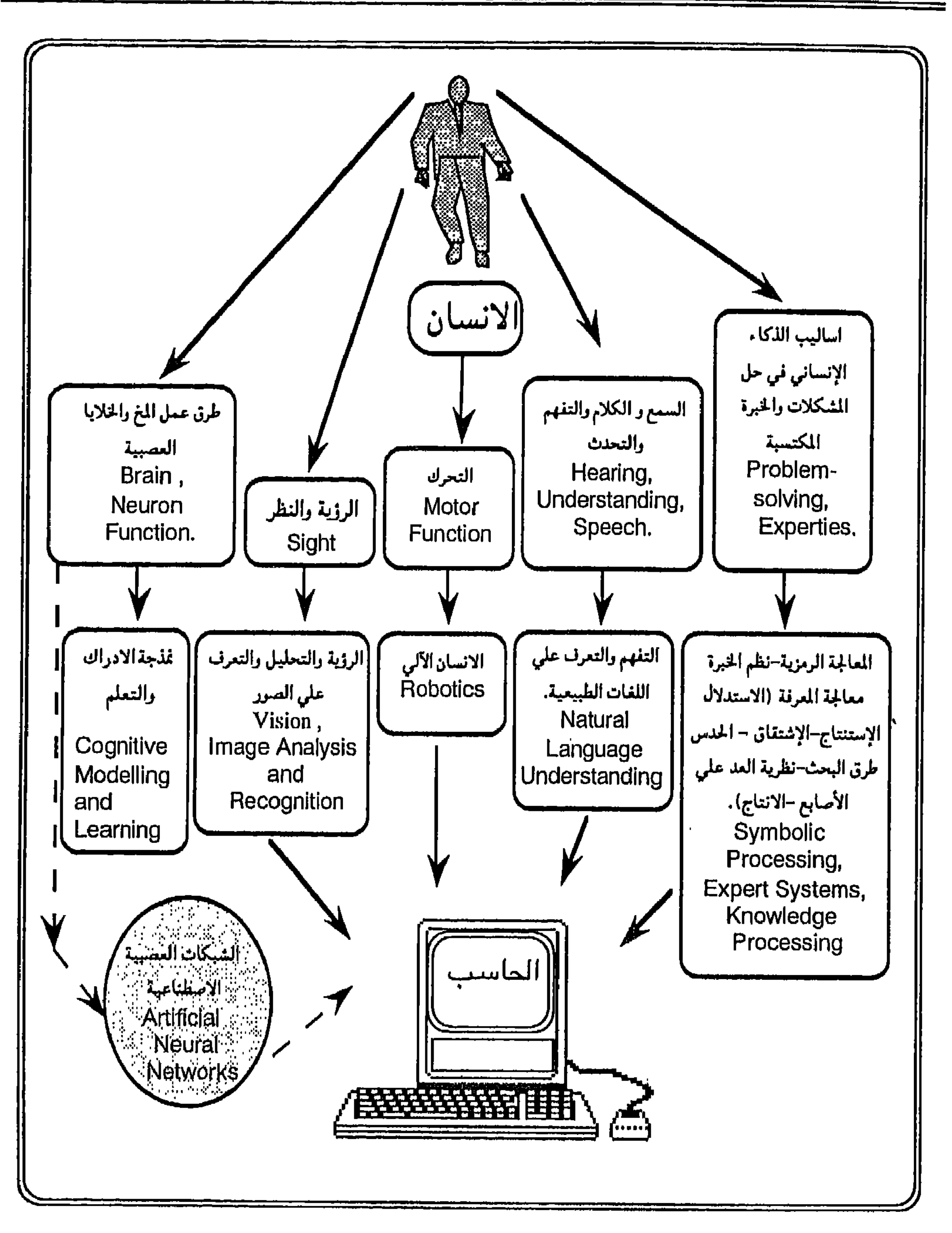
(١-٥) العلاقة بين الذكاء البشرى والذكاء الإصطناعى

يمكن توضيح العلاقة بين الذكاء البشرى (الإنسان) والذكاء الإصطناعى(الحاسب) كما هو مبين فى شكل (١-٣) حيث تم محاكاة ونقل أساليب الذكاء البشرى فى شكل برامج ونظم تجعل الحاسب قادراً على اقتحام مجالات تتسم بالذكاء عند محاولة الحصول على حلول لها وبذلك تم تعريف هذه البرامج والنظم على أنها برامج ونظم الذكاء المنقولة إلى الحاسب او نظم الذكاءالإصطناعى وتتضح العلاقة بين الإنسان والحاسب كالآتى:

١ـ بمحاكاة بعض أساليب الذكاء الإنسانى فى موضوعات :

- استخدام الرموز فى التعامل والمعالجة والتعرف على الأشياء.
- وضع الحلول للمشكلات(Problem Solving)واستخدام الخبرات المكتسبة (Experties) للإنسان الخبير فى مجال ما ، ونقلهاإلى الحاسب فى شكل برامج ونظم قد أدت إلى نشأة وتطور المعالجة الرمزية (Symbolic Processing) ووضع الحلول للمشكلات.(Problem Solving) ومعالجة المعرفة .-Knowledge Pro) cessing) و النظم الخبيرة .(Expert Systems)

تطورت آليات البرامج التى تماثل الطرق المختلفة للتصرف الإنسانى عند تطبيق المنطق مثل ووسائل الإشتقاق (Deduction) والإستدلال (Inference) والإستنتاج والطرق المختلفة للبحث



شكل (١-٣) - العلاقة بين الذكاء البشرى والذكاء الإصطناعى والشبكات العصبية الإصطناعية

(نقل بعض صفات الانسان الى الحاسب لكى يؤدى بعض أعماله)

والموحدات (Unifiers) ومحـددات الكمية (Quantifiers) ونـظـم الإنتاج (Systems Production).

٢ - بمحاكاة أساليب الإدراك السمعى (Hearing) والتفهم (Understanding) والتحدث (Speech) عند الإنسـان تم تطوير برامج ونظم التـعـرف على اللغـات الطبيعية وتفهمها ومعالجتها (Natural Language Processing) حيث يقوم الحاسب بتفهم اللغات الطبعية مثل الإنجليزية واليابانية مثلا والترجمة الآلية من أحد هذه اللغات إلى الأخرى.

٣ - بمحاكاة أساليب سيطرة المخ والحواس للانسان على الجهاز الحركى (Motor Function) تم تطوير برامج ونظم الانسـان الآلى وعلم الانسنة (Robotics) وذلك فى محاولة لنقل السيطرة الحركية الدقيقة مع اتخاذ قرار التحرك بناءاً على الوضع القائم للاستـخدام فى المصانع وما الى ذلك.

٤ - بمحـاكـاة ونقل نظم الرؤية والنظر للانسـان (Sight) تم تطوير برامج الرؤية بالحـاسب (Computer Vision) بمعـالجـة الصـور بطرق مـختلفـة والتـعـرف على الأشكال بهـا (Image Processing and Pattern Recognition).

٥ - بعمل نماذج لمحاكاة طرق عمل الخلايا العصبية فى المخ (Neurons) وخصوصا ميكانيكية المعالجة المتوازية أمكن الآتى:

١- وضع نماذج لتصرف العقل البشرى وتطوير علم النمذجة الرياضية لمحاكاة التصرفات الادراكيـة (Cognitive Modelling) وتطوير نظرية التـعلم ومـحـاكـاة طرق المعالجة المتوازية.

٢ - تطوير الشبكات العصبية والحـساب العصبى (Artificial Neural Net-works and Neural Computing) والتى تطورت وأصبحت قادرة على مـحـاكـاة التـعلم والتـعـرف فى الإنسـان. ويمكن القـول بأن الحـسـاب العـصبى والشبكات العصبية هى محاولة تقليد الإسلوب الذى يتبعه المخ الإنسانى فى العـمل، وعلى ذلك فإن الشبكات العصبية لاتعتبر من أحد فروع الذكاء الإصطناعى وذلك لعدم إعتمادها على الآساسيات لهذا العلم، كما انها لا تحمل الخواص العامة له وبذلك جرى تصنيفها على انها مكملة للذكاء الإصطناعى وخصوصاً فى مجالات اكتساب المعرفة والإستدلال والتعلم الآلى. ومن الناحية التطبيقية والإستخدام فإن كثير من تطبيقات الشبكات العصبية لاتدخل فى نطاق هذا العلم والبعض الآخر يندرج تحته ويبين شكل (١-٣) التطبيقات

المشتركة بين الذكاء الإصطناعى والشبكات العصبية والتى تشمل التطبيقات المتعلقة بالتعرف على البصمات فى الأفرع المختلفة وبذلك يمكن توصيف الشبكات العصبية كما ذكرنا سابقاًعلى انها مكملة للذكاء الإصطناعى بغض النظر عن التوصيف العام للشبكات العصبية والذى يختلف فى الجوهر عن التوصف العام للذكاء الإصطناعى.

(١-٦)أساسيات نظم الذكاء الإصطناعى

تعتمد دراسة الذكاء الإصطناعى شكل (١-٤) على تفهم الأساسيات الآتية:

١- **تمثيل المعرفة** (Knowledge Representation) : والتى تشمل الطرق الرمزية (Symbolic) لتمثيل المعرفة والتراكيب (Structures) المختلفة المستخدمة فى ذلك والمعانى (Meanings) وكذلك كيفية إكتساب المعارف والخبرات (Knowledge Acquisition).

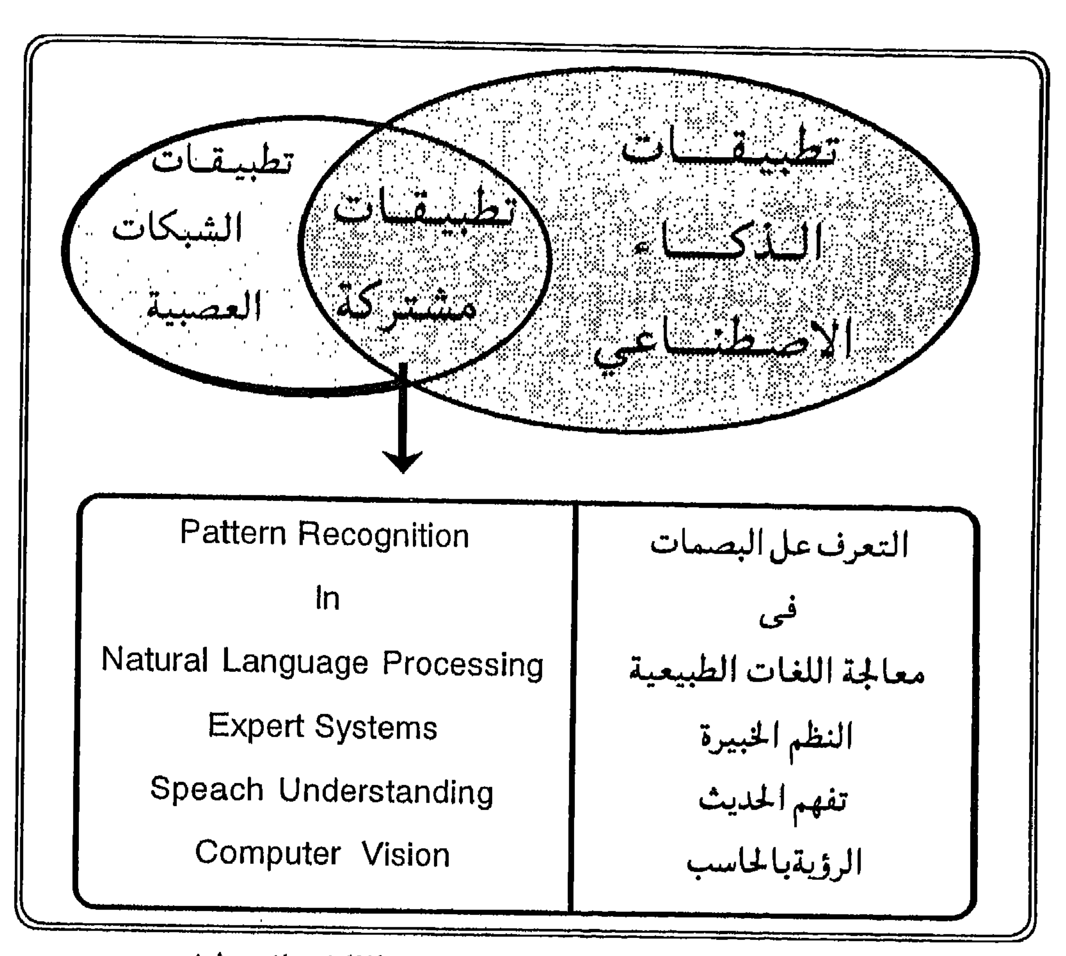
٢- **طرق الإستدلال والتحكم** (Inference &Control) : والتى تشمل محاكاة طرق الإستدلال عند الإنسان ودراسة كيف يمكن إستخدام قاعدة التضمين الشرطى المنطقى(إذا توفر الشرط - تكون النتيجة) فى ذلك وإستخدام طرق التحكم المختلفة مثل التسلسل إلى الامام وإلى الخلف.

٣ - **قابلية التعلم والتكيف** (Ability to learn /. adapt) : والتى تشتمل على تمثيل قابلية الانسان وكيف يقوم باستخدام الخطأ للتعلم واستخدام دالة الخطأ فى محاولة ضبط القيم الصحيحة وكيف يمكن الوصول الى التكيف (Adaptation)

٤ - **تمثيل عدم المصداقية او عدم الثقة** (او الاستنتاج الغير مكتمل (Uncertainty Representation) اذا لم تتوفر معلومات كاملة عن موضوع معين او مشكلة ما فان ايجاد الحل يصبح بنسبة معينة من الحل الكامل لهذه المشكلة (Certainty factor). ولتمثيل ذلك يستعان بالطرق المختلفة التى تعالج عدم الثقة مثل نظرية الإحتمالات (Theory of Probability) وطرق حساب المعاملات ونظرية الدلائل (Evidence Theory) ومنطق فازى (Fuzzy Logic).

٥ - **تقنيات البحث والمواءمة** (Search & Matching) : والتى تشمل الطرق المختلفة للبحث مثل البحث العشوائى (Blind Search) او الأعمى والذى ينقسم إلى قسمين

يمثل الجزء الاول شمولية تنفيذ البحث (Exhaustive) ويمثل الجزء الثانى جزئية تنفيذ البحث (Partial Search) وذلك بالبحث فى اتجاه العمق اولا(Depth-First) او البحث فى اتجاه العرض اولا (Breadth-Frist) ، كما يمكن محاكاة الإنسان عندما يستخدم حدسه (Heuristics) فى البحث عن حل لمشكلة معينة والذى يتبعه الترتيب الهرمى للمعارف ولذلك يطلق مجازا على هذا النوع من البحث بالبحث الهرمى (Heuristic Search). هذا بخلاف الطرق الرياضية والتحليلية فى إيجاد الحل الأمثل (Optimal Solution) وتشتمل عملية المواءمة على البحث عن الأجزاء المتوائمة فى قواعد التضمين الشرطى.



شكل (١-٣) - العلاقة المشتركة بين الذكاء الإصطناعى والشبكات العصبية الإصطناعية

٦- **التوحيد والإثبات التحليلى** (Unification & Resoluion) : تعتبر عملية التوحيد (Unification) كما سنرى بعد ذلك الأساس فى تصميم ميكانيكية الإستدلال (Inference Mechanism) وتعرف هذه العملية بانها محاولة إيجاد القيم المناسبة للمتغيرات التى تجعل تعبيرين متساويين، كما يعرف الاثبات التحليلى (Resoluion) بانه إستخراج بنود او تعبيرات جديدة من بنود أولية.

٧- **الاستنتاج المتغير الوتيرة** (Nonmonotonic Reasoning) : والذى يعرف بانه إستخلاص النتائج من معلومات او معارف او حقائق عدلت لتناسب الوضع الجديد (والتى تحمل المعنى الموسيقى الذى يشمل الحصول على نغمة جديدة من نغمة معروفة).

٨- **الوضعية** (Empiricism) **(التجربة والإختبار)** : والتى غالبا ماتسمى توليد التجربة ثم الإختبار(Generat & Test) وذلك بإقتراح الحل الذى يأخذ الشكل الوضعى ثم محاولة إثباته وكثيرا ما يستعان بهذه الطريقة كاسلوب للعمل فى برامج الذكاء الإصطناعى.

٩- **تفتيت او تجزئة المشاكل** (Problem Decomposition) : والتى تعتمد على تفتيت الحل لمشكلة ما حيث يمكن الوصول إلى الحل والذى يتمثل فى اصابة الهدف وذلك بتفتيته إلى مجموعة من الاهداف المصغرة والتى يمكن إثباتها واحداً تلو الآخر.

١٠- **المشاكل ذات الطبيعة الديناميكية** (Problem Dynamics) : والتى تتمثل فى إيجاد الحلول للمشكلات ذات المعارف التى تتغير مع الزمن والتى تستخدم الإطارات (Frames) فى وضع الحلول لها.

١١- **الأنواع المختلفة للاستنتاج** (Types of Reasoning) : وتعتبر الأنواع المختلفة للإستدلال من اهم أدوات التنفيذ لبرامج الذكاء الإصطناعى، ونذكر منها الاستنتاج الاشتقاقى(Deductive) (باستخدام الاشتقاق) والاستنتاج الإستطرادى او التأثيرى او الاستقرائى (Inductive) الاستنتاج بواسطة الاحساس العام (Common Sense) او المشترك.

١٢- **لغات التمثيل والبرمجة الملائمة للتطبيق** (Representation & Programming Languages) تعتبر لغات التمثيل والبرمجة من أهم أدوات تنفيذ نظم الذكاء الإصطناعى ويتم عرضها بالتفصيل فى الأبواب القادمة.

أساسيات نظم الذكاء الإصطناعى

١-تمثيل المعرفة (Knowledge Representation)	٢- طرق الإستدلال والتحكم (Inference &Control)
٣- قابلية التعلم والتكيف (Ability to learn /adapt)	٤- تمثيل عدم المصداقية (Uncertainty Representation)
٥-تقنيات البحث والمواءمة (Search & Matching)	٦-التوحيد والإثبات التحليلى (Unification & Resoluion)
٧- الإستنتاج المتغير الوتيرة (Nonmonotonic Reasoning)	٨-الوضعية (Empiricism)
٩-تفتيت المشاكل (Problem Decomposition)	١٠-ديناميكية المشاكل (Problem Dynamics)
١١-أنواع الإستنتاج (Types of Reasoning)	١٢-لغات التمثيل والبرمجة (Representation & Programming Languages)

شكل (١-٥) الفروض الأساسية لنظم الذكاء الإصطناعى

الفصل الثانى

مجـــالات
الذكـــاء الإصطناعى

Domains of
Artificial Intelligence

(٢-١) مجالات الذكاء الاصطناعى

يبين شكل (٢-١) أهم مجالات الذكاء الاصطناعى كمايلى :

١ - النظم الخبيرة (Expert Systems)

٢ - اثبات النظريات آلياً (Automatic Theorem Proving)

٣ - تفهم اللغات الطبيعية (Natural Language Understanding)

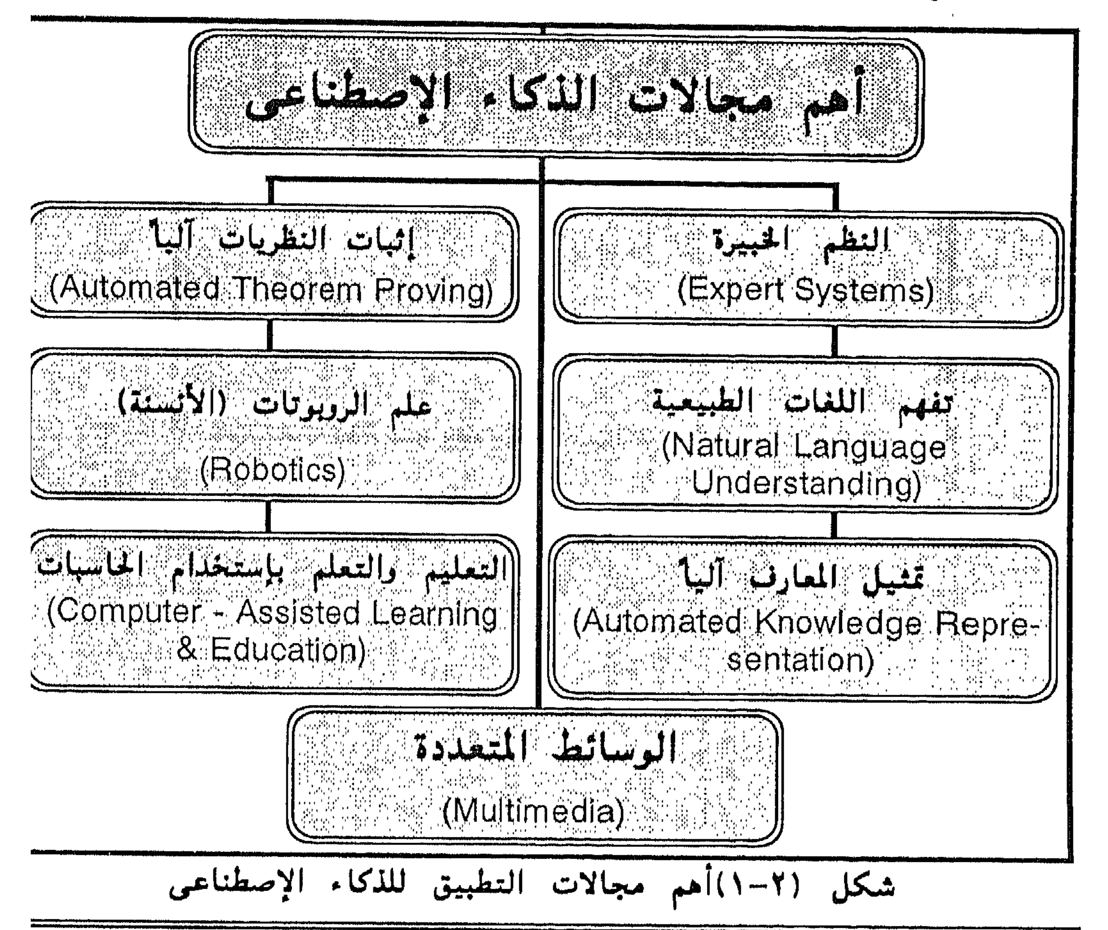
٤ - علم الروبوتات (الأنسنة) (Robotics)

٥ - تمثيل المعارف آلياً (Automated Knowledge Representation)

٦ - التعليم والتعلم بإستخدام الحاسبات
(Computer - Assisted Learning & Education)

٧-الوسائط المتعددة (Multimedia)

ويمكن القاء الضوء على بعض هذه التطبيقات كمايلى:



شكل (٢-١)أهم مجالات التطبيق للذكاء الإصطناعى

(٢-٢)النظم الخبيرة (Expert Systems)

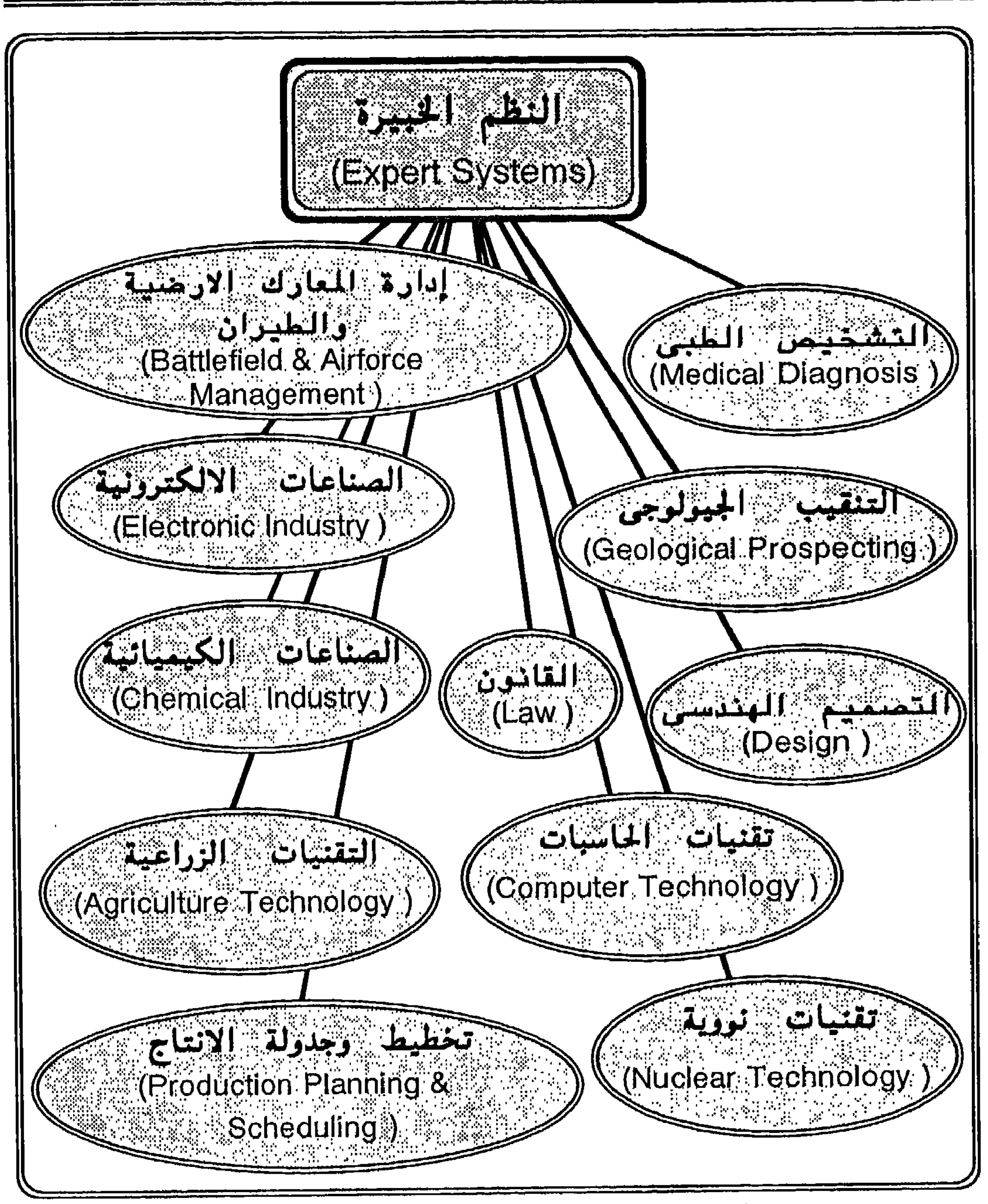
يعتبر إدخال الخبرة المكتسبة للإنسان فى برامج الحاسب فى مجال معين من أهم مجالات الذكاء الإصطناعى و ذلك بهدف الوصول إلى برنامج يمكنه أن يعطى النصيحة فى مجال معين او يحلل البيانات او الاستشارة او التشخيص و الذى يتطلب إستخدام قواعد التضمين المنطقى والتسلسل الأمامى والخلفى إذا تحقق الشرط الحالى فإنه يمكن التقدم إلى الشرط الذى يليه لتحقيقه، و بذلك يتم الحصول على برنامج ذكى للحاسب يستخدم خبرة الإنسان.

ولقد تم استخدام النظم الخبيرة فى كثير من المجالات شكل (٢-٢) أهمها ما يلى:

١ - التشخيص الطبى (Medical Diagnosis)
٢ - إدارة المعارك الأرضية والطيران (Battlefield & Airforce Management)
٣ - التنقيب الجيولوجى (Geological Prospecting)
٤ - الصناعات الإلكترونية (Electronic Industry)
٥ - الصناعات الكيميائية (Chemical Industry)
٦ - التصميم الهندسى (Design)
٧ - القانون (Law)
٨ - التقنيات الزراعية (Agriculture Technology)
٩ - تقنيات الحاسبات (Computer Technology)
١٠- تقنيات نووية (Nuclear Technology)
١١- تخطيط وجدولة الإنتاج (Production Planning & Scheduling)

(٢-٣)إثبات النظريات آليا (Automated Theorem Proving)

يمكن تعريف الإثبات الآلى للنظريات على انه تطوير البرامج التى تعتمد على الاستدلال والذي يتمثل فى اشتقاق معادلات جديدة من معادلات معرّفة قبل ذلك بحيث تكون المعادلات الجديدة صحيحة فى جميع مجالات المعادلة الاصلية. تعتبر قاعدة التضمين الشرطى الايجابى (Modus Ponnes) مثال لذلك حيث يمكن اثبات النتيجة التى تنطبق مع الشروط ويمكن للاستدلال ان يتفرع الى أنماط جديدة وذلك طبقا للمطلوب اثباته. تعتمد نظرية الاثبات الآلى على نظرية المنطق احادية الرتبة (First Order Logic) ونظرية الاثبات بالتحليل (Resolution)



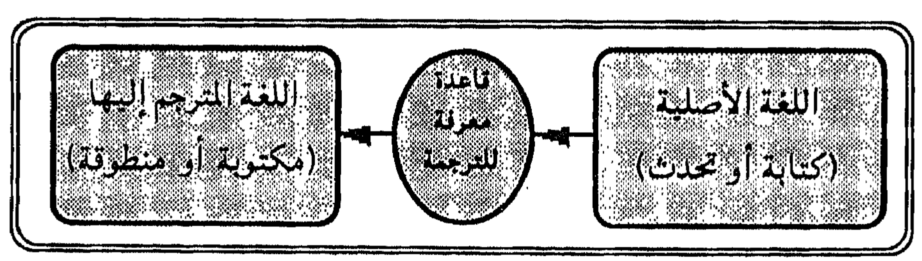
شكل (٢-٢) مجالات التطبيق للنظم الخبيرة

والاثبات بالنفى (Refutation) وغير ذلك من طرق الاثبات المختلفة مثل طرق الإستدلال والإشتقاق المنطقى (Deductive Logic Reasoning) والطرق التحليلية الإجرائية (Procedural Analysis)وطرق إجراء التماثل (Analogy) والإشتقاق بالتأثير

(Deduction By Induction). ويعتبر نظام الخبرة ماكسيما (MACSYMA) من أشهر نظم الخبرة للمعالجة الرياضية الرمزية وكذلك نظام الخبرة للجيل الخامس اليابانى(١٩٩٢) للإثبات النظرى الآلى (الاوتوماتيكى) والمسمى " مخلق نماذج الإثبات للنظريات (Model Generation Theorem Provers) (MGTPs) " والذى يقوم بالإشتقاق الآلى (Automatic Deduction) والذى يستخدم قواعد الإستدلال التحليلى عالية الرتبة (Hyperresolution Inference Rules). لقد تم استحداث برامج للاثبات الآلى تقوم بالعمل مثل علماء الرياضيات والتي تشتمل علي قدر كبير من قواعد الاستدلال والقادرة علي التحاور والاستبدال للرموز بالقيم والمعانى، كما تم استخدام قواعد الاثبات الآلى للنظريات فى تخليق البرامج الآلية بشكل مكثف.

(٢-٤) التفهم والتعرف على اللغات الطبيعية
(Natural Language Understanding)

يتمثل فى بناء وصلات ذكية للمواءمة بين اللغات الطبيعية التى يتكلمها الإنسان ولغات الحاسب (Natural Language Interfaces) التى يتم بها المعالجة داخليا ومحاولة ذلك بهدف ادخال اللغات الطبيعية كطرف بين المستخدم و الحاسب مباشرة ،و لتصور ذلك فإننا نفرض أن الحاسب يعمل بلغة معينة وانه مثل السائح فى بلد اجنبية يتكلم لغة اخرى فلابد من وجود مترجم وان هذا المترجم محدود المعرفة فهو يترجم لغة البلاد الطبيعية إلى لغة يفهمها الحاسب، والمطلوب هو تطويرأفق هذا المترجم وتطوير الحاسب بحيث يتم التعامل مباشرة باللغة الطبيعية والتى تختلف عن لغات البرمجة العادية ويبين شكل (٢-٣) الاسلوب المباشر للترجمة للحديث او للوثائق المكتوبة والتى تتولى فيه قاعدة معرفة ترجمة الحديث إلى اللغة المطلوبة. نذكر من هذه اللغات لغة " ريتا " والتى تتعامل مع اللغة الانجليزية كلغة للحاسب



شكل (٢-٣) الأسلوب المباشر لترجمة الحديث او النص المكتوب.

وتعتبر اهم الموضوعات التى تقع تحت هذا العنوان هى إستخدام الحاسب فى الترجمة الآلية (Machine Translation) وإسترجاع المعلومات باللغة الطبيعية (Information Retieval) والتحدث والتعرف الصوتى بالحاسب وذلك من خلال الشبكات التليفونية خصوصا ونحن على أعتاب القرن الواحد والعشرين حيث تندمج الشبكات التليفونية وشبكات الحاسبات والشبكات التلفزيونية فى شبكة واحدة تعرف بالشبكة الرقمية المتكاملة للخدمات (Integrated Service Digital Network) (ISDN) حيث تتكامل الصورة والصوت والبيانات فى شبكة رقمية واحدة .

(٢-٤-١) نظام تفهم للحديث او الكلام (Speech Understanding System)

يبين شكل (٢-٤) التركيب العام لنظام تفهم للحديث او الكلام (SUS) والذي يتكون من المراحل الاتية :

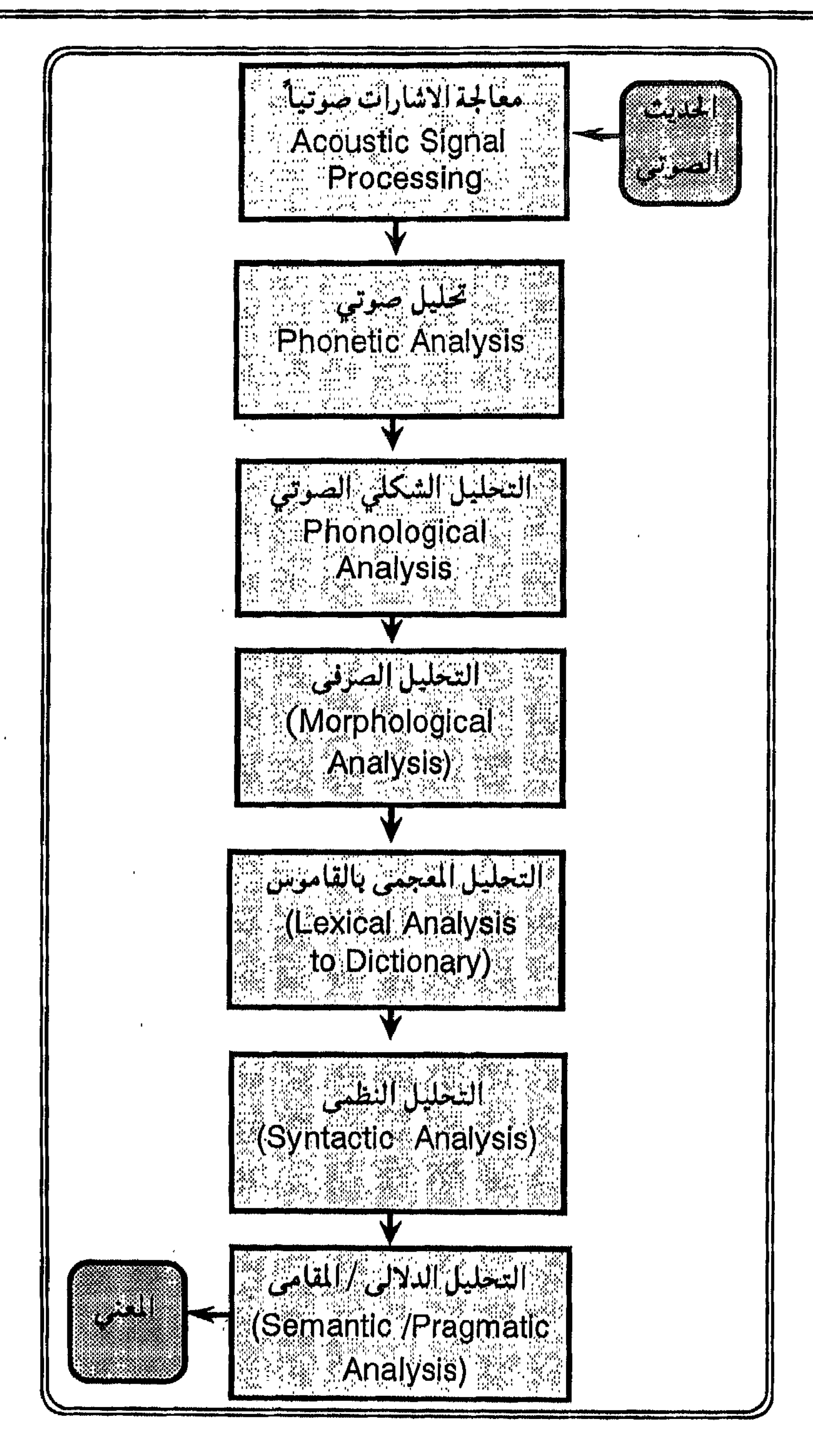
١- مرحلة معالجة الاشارات صوتياً (Acoustic Signal Processing) : يتم تقسيم الحديث المدْخَل الي عدد من العينات التي يتم اختيار عددها ثابتا في الثانية ثم يتم تشفير الصوت طبقا للمعرفة المتاحة، وذلك بالتحويل الرقمى للاشارات الصوتية بما يحفظ خواصها الصوتية واستخراج خواص التحليل الطيفي للترددات المحتوية عليها وتحديد التردد الاساسى اوالتردد المتوسط.

٢- مرحلة التحليل الصوتى(Phonetic Analysis) : يجرى تحديد تبعية الطيف المسجل لاي من الحروف فمثلا اذا كان التحليل الطيفي منخفض السعة ويشبة الضوضاء فهذا يعني ان هذا الجزء ربما يكون جزءا من حرف مثل حرف (ف) واذا كان محتويا علي سعات عالية فهذا يعني انه جزء من حرف (س) مثلا ثم يجري كذلك تحديد المنطوقات واجزاء الحروف ثم التجميع والضبط للوصول الى التحليل الشكلى الصوتى.

٣- مرحلة التحليل الشكلي الصوتى (Phonological Analysis) : حيث يتم تفسير انواع المنطوقات ومكان الشدة او المد وتحديد اجزاء الكلمات ثم الكلمات .

٤- مرحلة التحليل الصرفى (Morphological Analysis) : يتم تطبيق قواعد الاعراب وقواعد النحو وذلك للوصول الي ترتيب الحروف والمقاطع في الكلمات ثم الكلمات في الجمل .

٥- مرحلة التحليل المعجمى بالقاموس (Lexical Analysis to Dictionary) : يتم تفسير الجمل والكلمات كما بالقاموس الملحق بالنظام ثم يجري التحليل النظمى (Syntactic Analysis) والتحليل الدلالى/ المقامى (Semantic /Pragmatic Analysis) حتى يتم الحصول على معنى الجمل فى الحديث.



شكل (٢-٤)مراحل نظام التفهم للحديث (Speech Understanding System)

(٢-٤-٢) الترجمة الآلية للحديث والنص

يبين شكل (٢-٥) الهيكل العام لتقنية الذكاء الإصطناعى للترجمة الآلية للصوت مثل الحديث مثلا او النص المكتوب والتى تتكون من :

١ - الحديث الصوتى المراد ترجمته إلى لغة اخرى او النص المكتوب .

٢ - تقنيات إكتساب بيانات الصوت عند الحديث او إكتساب بيانات النص المكتوب.

٣ - تقنيات التفهم والتعرف والتى يلعب فيها الذكاء الإصطناعى دورا بارزا يتمثل فى التفهم والتعرف على محتويات الرسالة الصوتية باستخدام وسائل التعرف الصوتى او التفهم والتعرف على الحروف والكلمات والجمل فى حالة الترجمة للنص .

٤ - بعد التحديد لمحتويات الرسالة الصوتية او النص المكتوب باللغة الاصلية يجرى إستخدام قاعدة معارف تتولى الترجمة للمفردات والكلمات إلى اللغة المطلوبة.

٥ - حيث أن الترجمة التى تم الحصول عليها ربما لا تحمل المعنى المراد فى اللغة الجديدة لذلك يتم استخدام قاعدة معارف للغة المترجم إليها الحديث او النص لكى تعطى ترجمة المعنى المراد.

٦ - تتولى تقنيات الإخراج الصوتى أو الكتابى اخراج الترجمة للحديث او النص.

(٢-٤-٣) الأسلوب التتابعى العام للتفهم والتعرف على اللغة

يبين شكل (٢-٦) نموذج للأسلوب التتابعى العام فى التفهم والتعرف على الحديث او النص والذى يتكون من الآتى :

١ - التحليل الصوتى او الشكلى(Phonological Analysis) وذلك باستخدام قواعد المعرفة للتحليل الصوتى او الشكلى وبذلك يتم الحصول على الفونيمات (Phonemes) والجرافيمات (Graphemes) .

٢ - التحليل الصرفى (Morphological Analysis) للفونيمات والجرافيمات للحصول على المورفيمات (Morphemes) وذلك باستخدام قواعد الصرف والمفردات المعجمية.

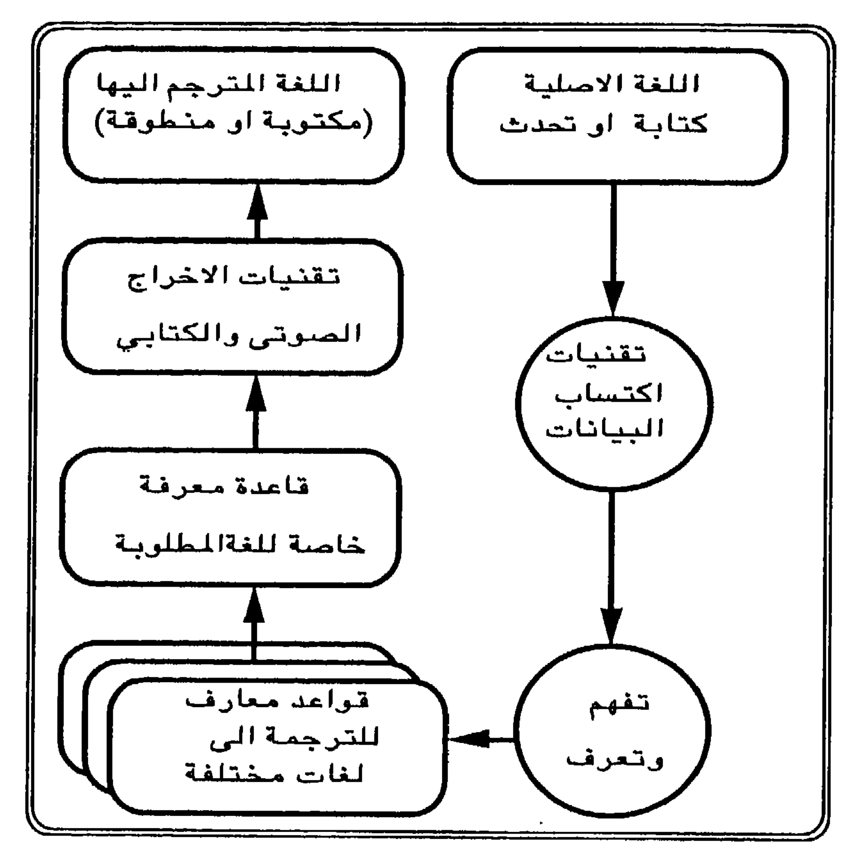
٣ - التحليل المعجمى (Lexical Analysis) للمورفيمات للحصول على الكلمات وذلك باستخدام المفردات المعجمية.

٤ - التحليل النظمى(Syntactic Analysis) والذى يعمل على تحويل الكلمات إلى تراكيب نظمية وذلك باستخدام قواعد النحو (Grammer) .

٥ - التحليل الدلالى(Semantic Analysis) والذى يشتمل على :

أ - التحليل المقالى(Discourse Analysis) والذى يستخلص من التراكيب النظمية تراكيب او قوالب منطقية وذلك باستخدام المعرفة المقالية والمعرفة المقامية.

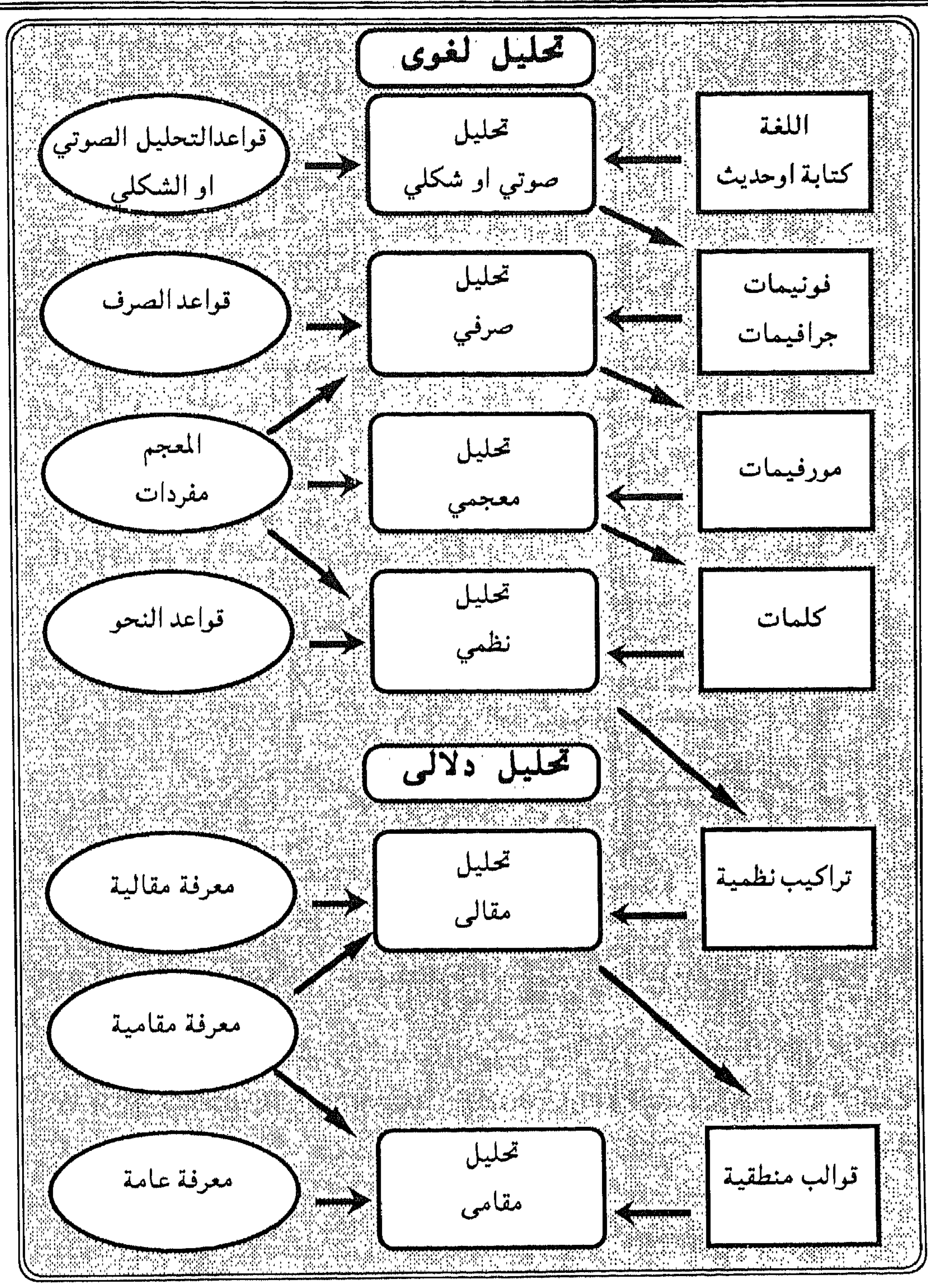
ب - التحليل المقامى (Pragmatic Analysis) والذى يؤدى إلى التفهم الكامل للتراكيب والقوالب المنطقية باستخدام المعرفة المقامية والمعرفة العامة وبذلك يتم التفهم والتعرف على الحديث المنطوق او المكتوب. ومن أهم ما تم تطويره فى مشروعات الجيل الخامس اليابانى فى هذا المضمار مايلى :



شكل (٢-٥)الهيكل العام لتقنية الترجمة الآلية للحديث او النص

١ - النظام الترابطى المتوازى لمعالجة اللغات الطبيعية Natural language Processing (Parallel Cooperative System:LAPUTA) والذى يستخدم حاسبات الإستدلال المتوازية (PIM) لإجراء التحليل الصرفى والتحليل النظمى والتحليل الدلالى للغة اليابانية بشكل متوازى .

٢ - مولدات النصوص الاوتوماتيكية (Automatic Text Generation :DULCINEA) والذى يتولى تخليق النصوص طبقاً لمتطلبات المستخدم مثال ذلك المرافعات فى القضايا من قبل المحامين حيث يحدد المحامى الهدف المطلوب ثم يتولى المولد توليدُ النص الكامل.



شكل(٢-٦)الأسلوب التتابعى العام فى التفهم والتعرف على اللغة

٣ - محلل التركيب المقالى (Discourse Structure Analyzer)

والذى يتولى التحليل المقالى لإستخراج التراكيب والعلاقات المنطقية بين الجمل وإستخراج السمات للمقال بقصد التعرف عليه .

يبين الجدول الآتي بعض نظم التفهم والتعرف المستخدمة علي المستوى التجارى.

بعض نظم التفهم والتعرف للصوت والحديث
(Voice & Speech Understanding &Recognition & Systems)

التحكم فى تشغيل النوافذ بالصوت	WinVoice
التعرف على ٧٠٠٠ كلمة باستخدام قاموس ٨٠ الف كلمة	Voice Type(386& up)
نظام صوتي املائى لعمل التقارير الطبية٥٠ الف كلمة .	Voice MED vx
نقل المحادثة تليفونيا مع استخدام اللغة الطبيعية وآلة استدلال.	KDS/VOX(PS,OS/2)
التعرف على اكثر من ٤٠ كلمة فى الدقيقة (٣٠ الف كلمة).	Dragon-Dictate 30k
التعرف على اكثر من الف كلمة ويستخدم كاداه للبرمجة	Dragon Writer(pc)

(٢-٤-٤)إنتاج البرمجيات آلياً (Automated Software Generation)

يعتبر الانتاج الآلى للبرامج التي تعمل علي الحاسبات من اهم تطبيقات الذكاء الاصطناعى حيث يصبح الهدف اعفاء المستخدم من التفاصيل المختلفة للغات البرمجة ويصبح التعامل باللغة الطبيعية التي تشفر الي برامج تعمل باحدي لغات الحاسب والتي تؤدي الي برنامج مخلق آلياً. ومن الأمثلة الحديثة لتخليق البرامج آلياً هو استخدام برامج الكتابة علي الحاسب (Word Pro-cessing) لتخليق برنامج لنظم الخبرة مثل برنامج (Icarous MENTOR) والذي يقوم يتوجيه الاسئلة باللغة الطبيعية خطوة بعد الاخرى الى ان يصل الى استيفاء جميع متطلبات المستخدم ثم يقوم بتخليق البرنامج المطلوب.

(٢-٥) علم الروبوتات (الأنسنة) (Robotics)

يمكن تعريف الروبوت او الانسان الآلى كمايلى :

الروبوت هو النظام الالى ذو الغرض او المنفعة العامة والذى يشبه الانسان في القيام بأعمال كثيرة ذات ظروف ربما لاتكون معرّفـــه له سابقا.

ويحتوي نظام الروبوت (Robot System) كما هو مبين فى شكل(٢-٧)من:

١- اطراف او زوائد(Effectors) والتي تشتمل الاذرع والايادى والارجل والاقدام.

٢- المجسات(Sensors) والتى تشتمل على نقط الاتصال التى تنقل البيانات من البيئة المحيطة الى النظام.

٣- الحاسبات (Computers) والتي تنقسم الي قسمين : الحاسب ذو المستوى الاعلى للتحكم والحاسب ذو المستوى الادنى للتحكم والذي غالبا ما يحتوى على قنوات الاتصال.

٤ - الاجهزة المساعدة (Auxiliary Equipment) والتي تشتمل علي الادوات والماسكات والسيور والمحركات وما الى ذلك .

ولقد قام اليابانيون بتقسيم الروبوتات الي الانواع الاتية :

١ - روبوت يعمل تبعا لتوجيه الانسان (تابع للانسان)(Slave Robot)

٢ - الروبوت ذو خطوة العمل المحدودة(Limited -sequence Robot)

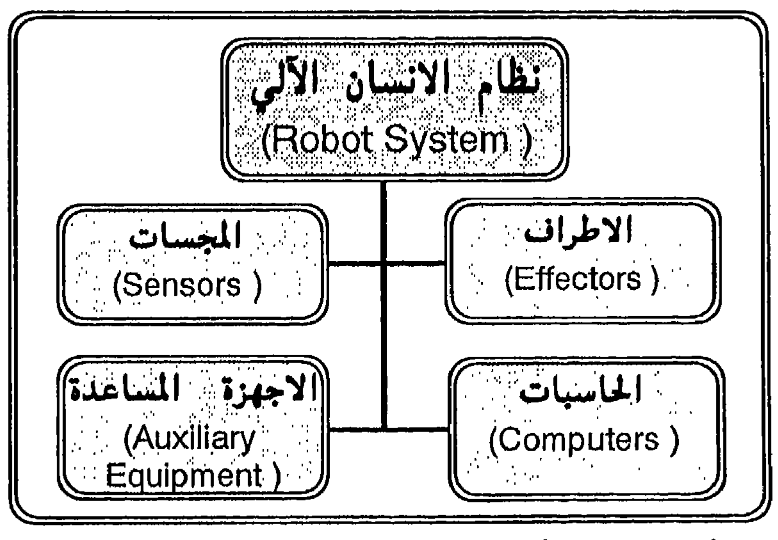
٣ - الروبوت ذو الاستجابة للتعليم(Teach -replay Robot)

٤ - الروبوت ذو الحاسب المتحكم(Computer - controlled Robot)

٥ - الروبوت الذكى (Intelligent Robot)

وتشمل الدوافع لتطوير الانسان الالى الذكى مايلى :

أ - الدوافع الاجتماعية (Social Incentives)والتى تؤدى الى احلال الانسان الالى محل الانسان العادى ليعمل فى وظائف ذات صبغة مملة او خطيرة مثل الاعمال في



شكل(٢-٧) مكونات نظام الروبوت (Robot System)

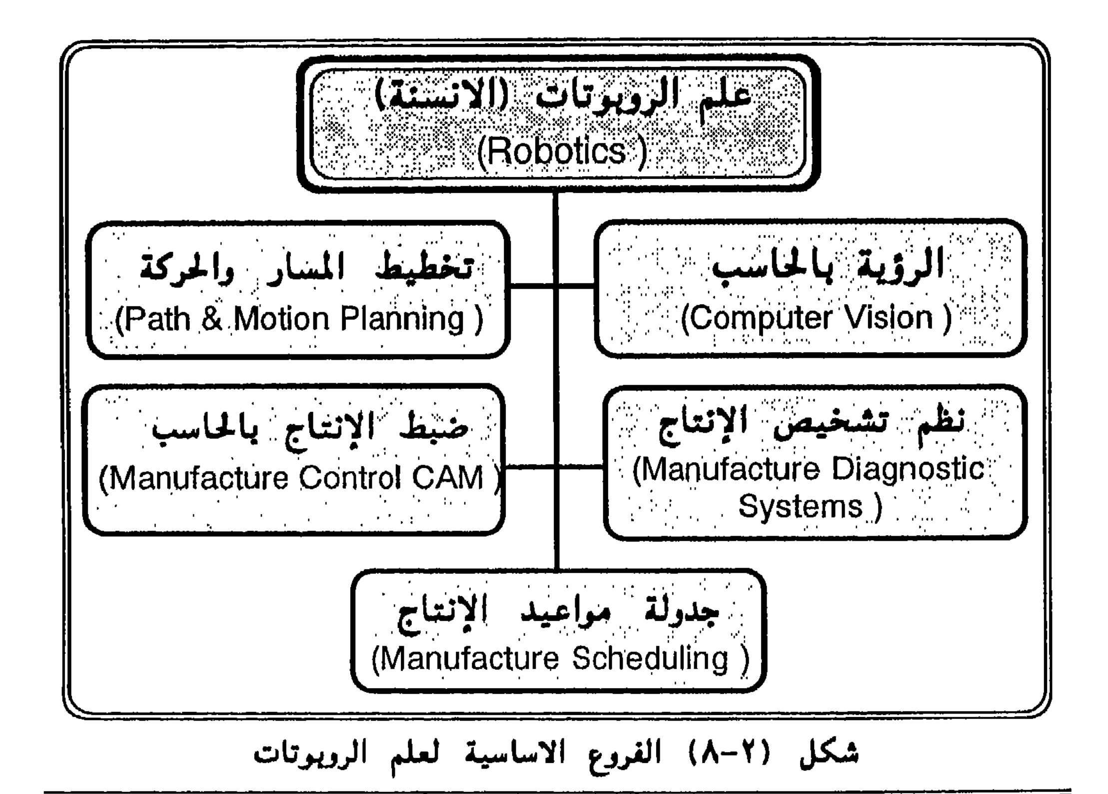
البيئة المحتوية علي اشعاعات عالية و البيئة المحتوية علي ابخرة ضارة والخطيرة مثل مكافحة النيران او التي تتطلب رفع الاثقال او التي تحتوي علي ضوضاء غير محتملة او الاعمال ذات الصبغة المملة مثل التجميع والفرز.

ب - الدوافع الاقتصادية الصناعية (Technoeconomic Incentives) من الواقع ان عدد الربوتات التي تحل محل الانسان في الصناعة قد ارتفع من ٢٠٠٠ روبوت في العام سنة ١٩٨٠ الى ما يقرب من ٤٠ الف روبوت سنة ١٩٩٠ وبذلك ارتفعت نسبة الاحلال من ٠,٠٠٣٪ الى ٠,٠٦٪ ومن المتوقع ان تزيد النسبة بشكل كبير بحلول عام ٢٠٠٠.

ويعتبر علم الروبوتات (الأنسنة) من العلوم الحديثة حيث يمكن للآلات باستخدام الحاسبات أن ترى وتحكم على ما تراه ثم تقوم بتنفيذ المطلوب ويشتمل هذا العلم على الموضوعات المبينة فى شكل (٢-٨) وهى:

١- الرؤية بالحاسب (Computer Vision)

٢- تخطيط المسار والحركة (Path & Motion Planning)



شكل (٢-٨) الفروع الاساسية لعلم الروبوتات

٣- نظم تشخيص الإنتاج (Manufacture Diagnostic Systems)

٤- ضبط الإنتاج بالحاسب (Manufacture Control CAM)

٥- جدولة مواعيد الانتاج (Manufacture Scheduling)

وبإستخدام البرامج الذكية فإن الروبوتات تستطيع التحكم والتحرك كما هو مفروض،وتسير الابحاث العلمية فى هذا العلم فى الأوجه التالية :

١ - تطوير المجسات (Sensors) والكاشفات و خصوصا التى تتصل بالرؤية.

٢ - تطوير نظم البرمجة و النظم الحسابية وربطها بنظم التحكم .

٣ - التحكم و حل المشكلات البيئية.

٤ - تطوير برامج الذكاء الإصطناعى التى تتعامل مع حركة الاجسام فى ثلاث أبعاد، وحل المشاكل الناتجة من البيئة المحيطة بها.

(٢-٦) تمثيل المعارف آليا (Automated Knowledge Representation)

تعتبر قضية تمثيل المعارف من أهم مجالات الذكاء الإصطناعى حيث انها تعتبر حجر الزاوية لجميع النظم الخاصة بها ولالقاء الضوء على ذلك فإننا نبدأ بالاجابة على السؤال التالى:

ما هى المعرفة وكيف يمكن تمثيلها؟

تعرف المعرفة بأنها " **التكامل بين الوصف والطريقة والعلاقات** " التى ترتبط بهدف من الأهداف او شئ من الاشياء أو كيان من الكيانات (Object) وكثيرا مايدخل فى توصيفها الوضع الرمزى (Symbolic) والوضع الرقمى (Numeric) كما تعرف المهارة (Skill) على أنها محاولة الوصول إلى التعرف الصحيح على المعارف وإستخدامها بكفاءة للوصول إلى النتيجة المطلوبة و يعتبر المخ الإنسانى مهيأ بالفطرة لمعالجة البيانات الشكلية والرمزية حتى فى سن مبكرة، ولكنه لا يقدر و لا يتفوق فى المعالجة الرقمية والتى تقوم بها أبسط الآلات الحاسبة، ومن هنا كان هناك فرق واضح بين المخ الإنسانى والحاسب حيث يتفوق الأول فى الميدان الشكلى أو الرمزى بينما يتفوق الثانى فى الميدان الرقمى.

ويعتبر مجال تمثيل المعرفة هو الإجابة على السؤال الذى يطرح نفسه وهو :

هل يمكن للحاسب أن يقلد المخ الإنسانى فى المعالجة الرمزية للبيانات؟

ويصبح الهدف هو محاولة إيجاد نظرية عامة أو طريقة لتمثيل المعرفة فى أى شكل من

أشكالها لتفى بمتطلبات المعالجة الشكلية او الرمزية للبيانات، حيث تنقسم طرق تمثيل المعرفة إلى ثلاثة انواع هى :

أ - الشبكات الدلالية (Semantic Nets)

ب - الجبر الاعلانى او الإيضاحى (Predicate Calculus)

جـ - نظم تعتمد أساسا على القواعد (Rule Based Systems) .

(٢-٧) التعليم والتعلم بإستخدام الحاسبات

(Computer - Assisted Learning & Education)

بدأت تقنيات الحاسبات فى غزو البرامج التعليمية والتدريبية بالجامعات ومراكز التدريب والمدارس منذ فتره كبيرة حيث أدت إلى إنتاج برامج تعليمية وتدريبية تناولت الشرح والإبراز للماده العلمية للمقررات والمناهج الدراسية والتدريبية، ولقد دعا ذلك كثير من رجال التعليم والتدريب إلى طرق مفاهيم جديده تدعو إلى زيادة الإعتماد على تقنيات الحاسبات فى التعليم ولقد كان لدخول أساليب الذكاء الإصطناعى كعامل أساسى فى هذه التقنيات الأثر الكبير فى رفع كفاءة العملية التعليمية والتدريبية.

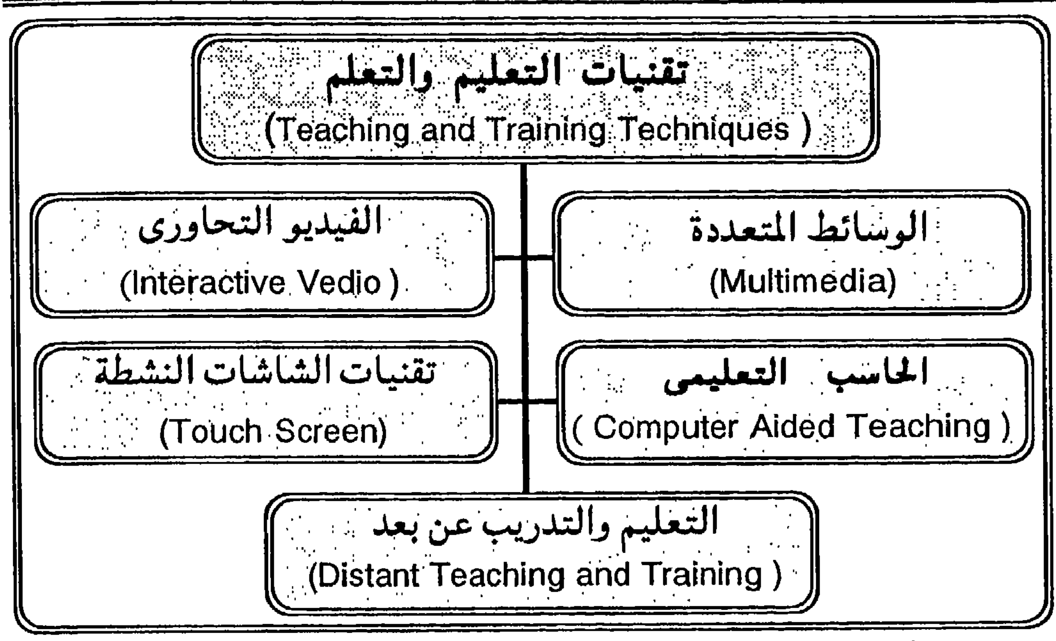
من أهم النتائج التى توصلت إليها كثير من الدراسات والبحوث التى اجريت لتقييم استخدام الحاسبات فى التعليم والتدريب مايلى :

١ - ان استخدام اساليب الذكاء الإصطناعى والمحاكاة (Simulation) للبرامج العملية والتدريبية قد ساعد على زيادة مهارة الطالب والمتدرب فى الوصول إلى هدف البرنامج التعليمى بسرعه كبيرة حيث يمكن إعادة الأجزاء المهمة طبقاً لحاجة المتدرب والذى أدى إلى إطلاق صفة المدرس الذى لا يتعب على هذه النظم.

٢ - الإرتفاع بالمستوى القيادى للطالب عن طريق تعليم نفسه (Self Pacing) وذلك بإتباع الخطوات التحاورية والتعليمية الشارحة للمادة العلمية من خلال البرامج والتقنيات (مثل تقنيات الشاشة النشطة) المعدة لذلك والتدرب على الإختبارات ومعرفة الإجابات الصحيحة مما يؤدى إلى تقييم نفسه ومعرفة مستواه.

٣ - زيادة القدرة الابداعية والتخيلية للطالب وذلك من خلال الاستعانة ببرامج الرسوم الجرافكية والتصويرية (Computer Graphics) فى إبراز المادة العلمية.

٤ - ان ظهور وتطور نظم برامج المؤلف (Authoring Systems) المزودة بالإمكانات



شكل (٢-٩)تقنيات التعليم والتدريب المعتمدة على الحاسب

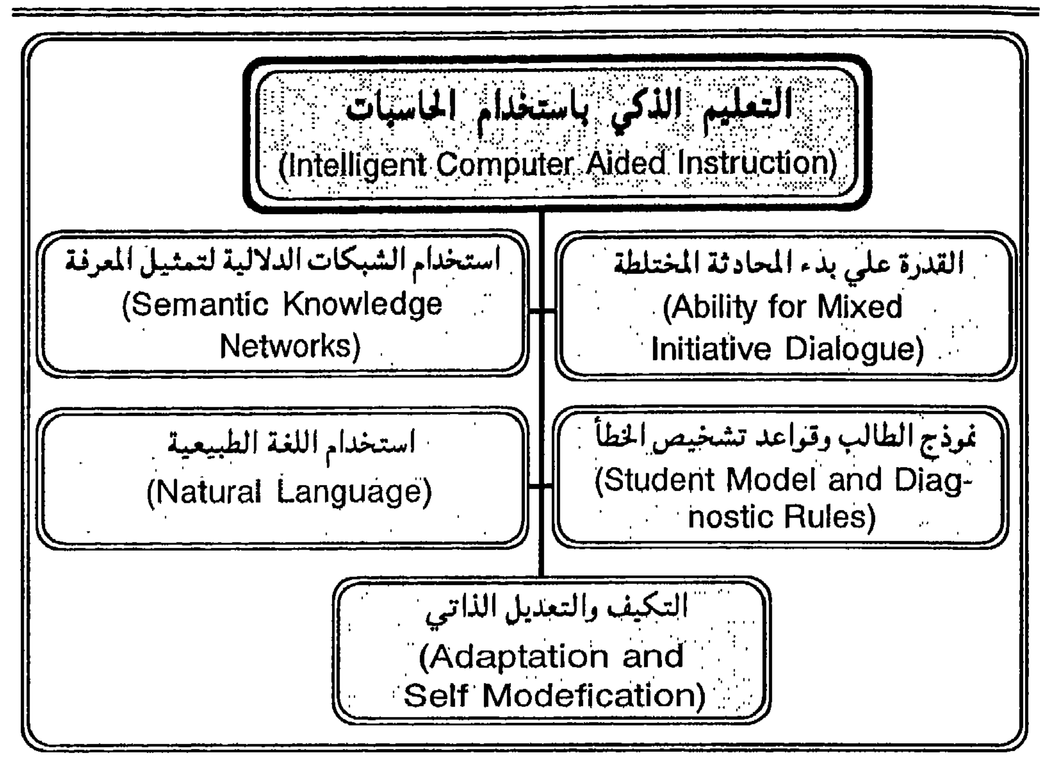
لإنسياب النص والصورة والمؤثرات الصوتية ساعد على اطلاق إبداع الأساتذة والمدرسين فى تكامل الموضوعات وتنبيه معظم حواس الطالب لاستقبال المادة العلمية . وأدى الاستخدام المكثف للحاسب فى التعليم إلى ظهور كثير من التطبيقات الحديثة حيث إمتزجت تقنيات الفيديو وتقنيات وسائل التخزين الكبيرة مثل اقراص الليزر والاقراص عالية الكثافة(CD ROM) وكذلك تقنيات التسجيل الصوتى مع تقنيات الحاسب الذى أصبح العمود الفقرى لهذه النظم وأدت إلى ظهور التقنيات شكل(٢-٩) الآتية :

١- الوسائط المتعددة لإنتاج الوسائل التعليمية والتدريبية (Multimedia)
٢- الفيديو التحاورى (Interactive Vedio)
٣- التدريب بإستخدام الحاسب (Computer Aided Teaching)
٤- تقنية الشاشات النشطة (Touch Screen) والتدريب التحاورى
٥- تقنيات التدريب عن بعد (Distant Teaching and Training)

(٢-٧-١)التعليم الذكى باستخدام الحاسبات

(Intelligent Computer Aided Instruction)

يمكن تعريف التعليم والتدريب باستخدام الذكاء الاصطناعي من خلال تكنولوجيا الحاسبات علي أنه استخدام تقنيات الذكاء الاصطناعى من فروض وبديهيات لانتاج برامج تعليمية



شكل (٢-١٠)الخواص العامة لبرامج التعليم الذكي

وتدريبية قادرة علي التفاعل والتحاور مع الطالب وبيئته. ولقد قام كاربونل (Carbonell) بوضع الأسس والخواص العامة اللازمة لبناء برامج ذكية شكل (٢-١٠) لها السمات التالية :

١- القدرة على بدء المحادثة المختلطة (Ability for Mixed Initiative Dialogue) والتي تعتبرأهم صفات البرامج التعليمية الذكية والتي تشير الي قدرة البرنامج علي اعطاء الطالب الفرصة لتوجيه السؤال الي البرنامج والحصول علي الاجابة وبذلك يكتمل التحاور بين الطالب والبرنامج في الاتجاهين وذلك علي خلاف ما يحدث في البرامج التعليمية العادية حيث يقوم البرنامج بتوجيه السؤال او المسألة الي الطالب وينتظر الاجابة من الطالب.

٢- استخدام الشبكات الدلالية لتمثيل المعرفة (Semantic Knowledge Networks) حيث تعتبر هذه الخاصية من الاهمية عند تصميم البرنامج حيث يتطلب تمثيل المعارف في شكل شبكات دلالية تحتوي علي الحقائق والقواعد والعلاقات بينهما ويصبح الفرق بين البرامج العادية (CAI) والبرمج الذكية (ICAI) هو قيام المؤلف في البرامج العادية بتنظيم عرض محتويات البرنامج عن طريق التفرع المعّرف والثابت وبذلك يحدد شكل وخطوات التحاور، أما في البرامج الذكية فإن القواعد التي استخدمها المؤلف لتحديد شكل التحاور

يجري تعريفها في قاعدة المعارف ثم يقوم البرنامج بتوليد خطوات التحاور وذلك بناءً على نوع الاجابة الصحيحة او الخاطئة للطالب وعلى ذلك فان هذه البرامج تحتوى على نوعين من المعارف الاولى هى المعارف عن موضوع الدرس والثانية هى المعارف عن كيفية تدريس مادة موضوع الدرس.

٣- نموذج الطالب وقواعد تشخيص الخطأ (Student Model and Diagnostic Rules) من المهم اثناء تشغيل هذه البرامج ان يجري تحديد الخطوة التدريسية التالية (حيث انها غير معرفة مسبقا) والتي تعتمد علي المعرفة الحقيقية لما تعلمة الطالب عند هذه الخطوة، ويمكن الوصول الي ذلك بان يكون البرنامج قادرا علي تحديد مستوي تفهم الطالب وذلك بالقيام بتشخيص أية اخطاء يقع فيها الطالب باستخدام وسائل التشخيص المختلفة مثل عدم صحة الفروض والتعميم وعدم القدرة علي تقدير صحة المعلومات.

٤- استخدام اللغة الطبيعية (Natural Language) لكى يتمكن الطالب من الاستفادة من هدف البرنامج لابد من استخدام لغة الطالب الطبيعية حيث تكون المحادثة والتحاور والشبكات الدلالية معبرة بصدق عن المعانى اللازمة لتفهم موضوع الدرس.

٥ - التكيف والتعديل الذاتى (Adaptation and Self Modefication) ومن الواجب ان تكون هذه البرامج قادرة على التكيف مع بيئة الطالب وذلك بالقدرة على تعديل نفسهاذاتيا اعتماداً على ما يدخله الطالب من معارف حقيقية اثناء التعليم وبذلك يزداد حجم المعارف التى توصف بيئة الطالب. ويبين الجدول بعض البرامج الذكية للتعليم باستخدام الحاسب.

SCHOLAR	تعليم الجغرافيا
WHY	تعليم الأرصاد الجوية
SOPHIE	تعليم اكتشاف الاعطال الالكترونية
BIP	تعليم البرمجة بلغة البيسك
SPADE	تعليم البرمجة بلغة لوجو
FLOW	تعليم اساسيات البرمجة
WEST	تعليم الرياضيات في شكل العاب
WUMPUS	تعليم المخاطرة في شكل العاب
BUGGY	تعليم الحساب
GUIDON	تعليم التشخيص الطبي
KARTT	تعليم النظم الخبيرة باستخدام الوسائط المتعددة
HISPANIC	تقييم مهارات الطالب باستخدام الوسائط المتعددة

ويعتبر برنامج (SCHOLAR) هو اول برنامج للتعليم باستخدام الذكاء الاصطناعي والذي يتناول تعليم وشرح لبعض الاساسيات بينما يتولى برنامج (WHY) التدريس التحاوري للقياسات البيئية للارصاد الجوية وخصوصا تقدير مواعيد هطول الأمطار وتقدير كميتها.ومن أهم البرامج التعليمية برنامج (SOPHIE) لاكتشاف الأعطال والأخطاء في الدوائر الالكترونية، وترجع الأهمية في ذلك الى القدرة على الاستدلال عن معلومات الطالب العلمية عن الدوائر الالكترونية وأعطالها مع استخدام التغذية العكسية عند الاجابات الخاطئة للطالب لتنشيط وبدء المحادثات.ويقوم برنامج (BIP) والمطور بجامعة ستانفورد بتعليم البرمجة بلغة البيسك حيث يمكنه اقتراح عمل برنامج لمسألة ما ثم يقوم بتصحيح أخطاء البرنامج، وتلي ذلك كثير من البرامج التعليمية للغات البرمجة الاخرى نذكر منها (SPADE,FLOW,MENO-II) كما يعتبر برنامج (WEST) المحاولة الاولى لانتاج البرامج التعليمية التي تستخدم استراتيجية التدريب بالمراقبة (Coaching) حيث يقوم البرنامج بتقديم النصيحة للطالب عن طريق التحذير واختيار الوقت المناسب لذلك. كما يعتبر برنامج (GUIDON) من البرامج التي وضعت حجر الأساس للبرامج التعليمية الذكية حيث أمكن استخدام قواعد التشخيص الطبي لنظام الخبرة الطبي مايسين لانماء قواعد التحاور والمحادثة مع الطالب حيث يمكن للطالب ان يحدد المستوى المعرفي الذي وصل اليه وكذلك المستوي المعرفي الذي يريد الوصول اليه.

من البرامج الحديثة (١٩٩٢) التي تعتمد علي تقنيات الوسائط المتعددة برنامج (KARTT) وبرنامج (HISPANIC) حيث يعتبر برنامج (KARTT) من أهم البرامج التعليمية والتدريبية لبناء واكتساب الخبرات المعرفية التي تمكن الطالب من بناء نظم الخبرة التي تعتمد علي بيئة الطالب نفسه، ولنا أن نتصور البرنامج في شكل كتاب يحتوى على أجزاء وفصول ويعتمد على الشبكات الدلالية لتوصيف الفروض حيث يجري توصيل المعارف من خلال نقط التقاء هذه الشبكات كما يسمح باستخدام التنظيم الهرمي للمعلومات حيث يحتوى على أكثر من مائة عقدة شبكية مقسمة الى سبعة عشر ملف، ولقد أدى التنظيم الهرمي الشبكي الدلالي الى حصول الطالب على حرية الحركة داخل معارف البرنامج حيث يسمح باتاحة الفرصة للطالب للتعلم المتعدد ، فمثلا يمكنه أن يتعلم تحليل البروتوكولات بينما يتولى عرض جزء من برامج الفيديو الشارحة لهذه البروتوكولات في نفس الوقت، كما يمكنه مثلا أن يتعلم كيف تتعلم الالة مع ربط ذلك بطرق التعليم المختلفة مثل التعليم المعتمد علي الشرح والتعليم بالتماثل والاشتقاق الوضعي.كما يعتبر برنامج(HISPANIC) من أهم البرامج التحاورية التي تستخدم الأوساط المتعددة لتعليم وتقييم القدرات الرياضية والحسابية لتلاميذ الصف الثاني عشر(في النظام

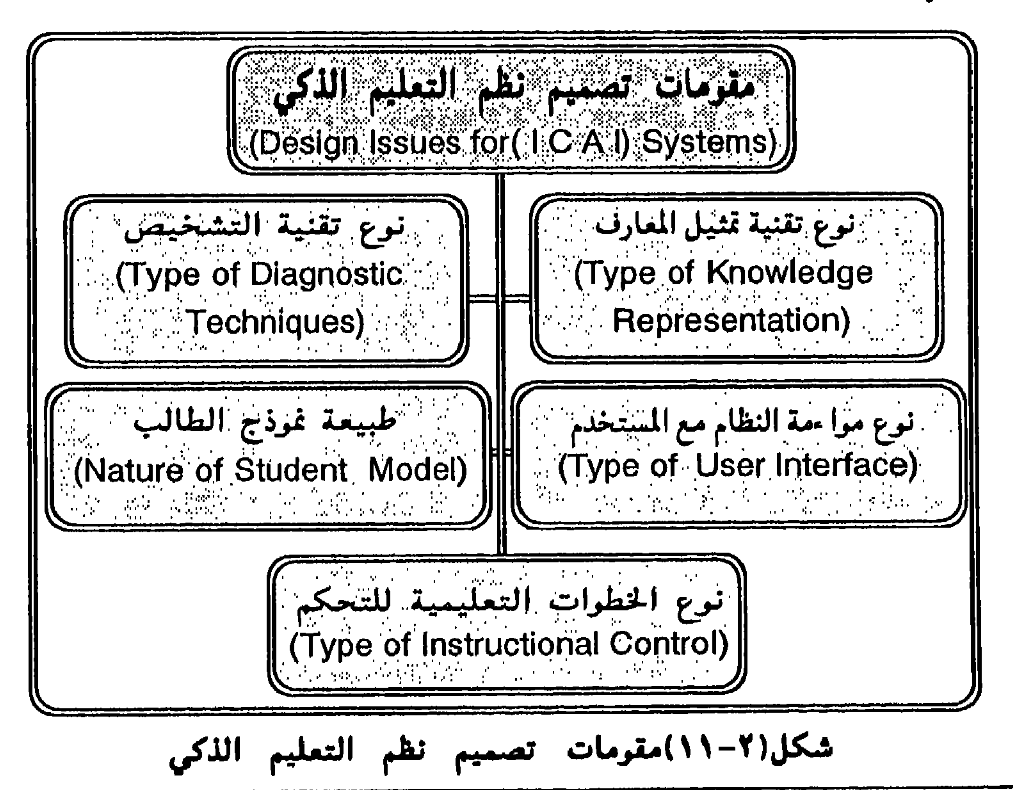
الامريكى للتعليم) والذى يحتوي علي تقنية الاستدلال الديناميكي ونظام خبرة تعليمي علاوة علي التكيف العام بالنسبة لتقييم اجابات الطالب.

(٢-٧-٢) مقومات تصميم نظم التعليم الذكى (Design Issues for (I C A I) Systems)

تشمل مقومات التصميم للبرامج التعليمية التي تستخدم الذكاء الاصطناعي كما يبين شكل (٢-١١) العناصر الاتية :

١ - **نوع تقنية تمثيل المعارف :** يعتبر نوع التقنية المستخدمة لتمثيل المعارف من العوامل الأساسية لتصميم برامج التعليم الذكية ومن أهم هذه التقنيات تقنية النظم المعتمدة علي القواعد (Rule-based) وتقنيات البرمجة الشيئية (Object-oriented) حيث يعتمد تفهم الطالب للدرس علي طريقة عرض وتمثيل الأساسيات والفروض.

٢- **نوع تقنية التشخيص :** يلعب اختيار نوع تقنية التشخيص دورا مهما فى التصميم، ومن التقنيات المستخدمة فى هذا الصدد الطرق المختلفة للاستدلال والتفرع الى الأمام والى الخلف وكذلك نظرية اقتراح الفروض واختبار الحل واستخدام الاستدلال الموجه للوصول الى الهدف.



شكل(٢-١١)مقومات تصميم نظم التعليم الذكي

٣- **طبيعة نموذج الطالب** : يعتبر نموذج الطالب الواحد هو جزء من نموذج عام يمكنه تمثيل جميع الطلبة والذي يجري تنفيذه في شكل متجه يحتوي علي عدة عناصر حيث يقوم كل عنصر بتمثيل احدي المهارات او احدي الصفات الخاصة التي تعبر عن الطالب، ويعتبر برنامج (Register) مثالا لذلك، بينما يشتمل الاتجاه الاخر بناء نموذج خاص لكل طالب معتمدا علي طريقة تفهم الطالب للفروض التي يطرحها البرنامج.

٤- **نوع مواءمة النظام مع المستخدم** : تستخدم معظم برامج التعليم الذكية مداخل للمواءمة مع الطالب باللغات الطبيعية، حيث أن ذلك يتناسب مع بيئة الطالب والموضوع المطروح للتعليم وبذلك يصبح استخدام اللغة الطبيعية أساسيا في هذه البرامج.

٥- **نوع الخطوات التعليمية للتحكم** : والتي تعتبر من الأهمية في تنفيذ البرنامج حيث يتطلب بدء المحادثة والتحاور بين الطالب والبرنامج أن تكون خطوات التحكم واضحة وديناميكية والتي تعتمد علي نظرية (ACT) للتعليم والتي ترتبط بالنظم الاجرائية للانتاج وحدود الذاكرة العاملة. ويمكن القول بأن التقدم في تطوير البرامج الذكية للتعليم سوف تزدهر وذلك بتقدم الموضوعات التالية :

أ - التفهم والتعرف علي الحديث وتخليقه باستخدام الحاسب.

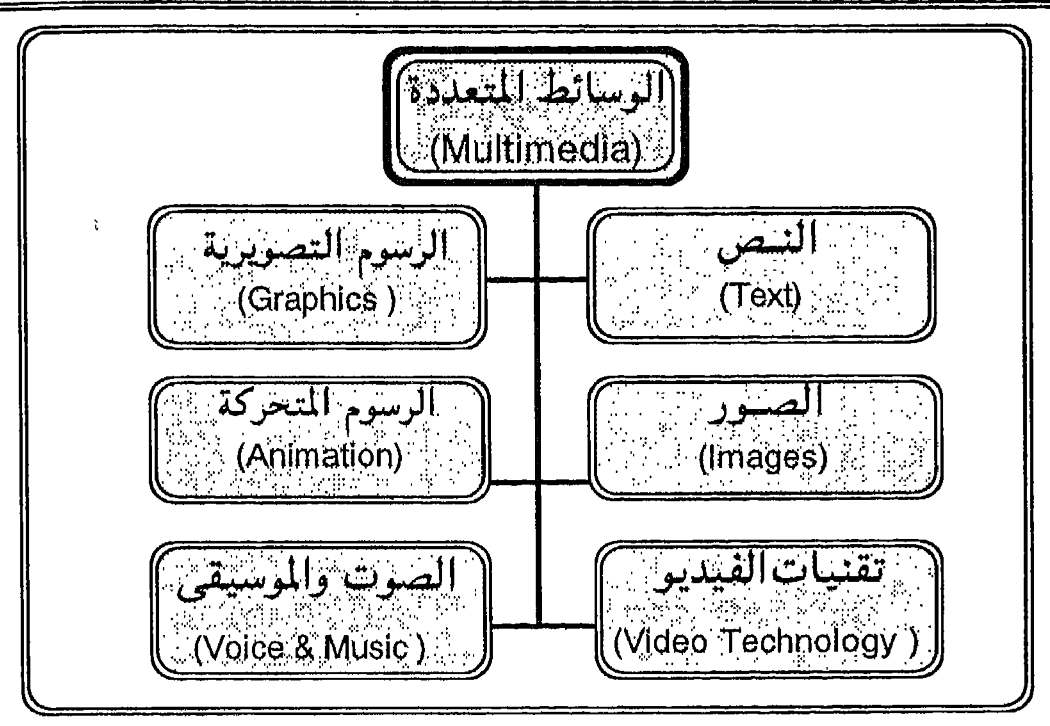
ب - تقدم تقنيات الرسوم الجرافيكية والرسوم التصويرية.

جـ - تقدم أدوات البرمجة في اتجاة برمجة المعارف.

(٢-٨) الوسائط المتعددة (Multimedia)

يمكن تعريف الوسائط المتعددة كما يلى :

الوسائط المتعددة هى التكامل بين مجموعة من التقنيات تساعد على زيادة وإتساع عملية التحاور (Interaction) بين الإنسان والحاسب، وتشمل تقنيات الإدخال والمعالجة والإخراج للنص (Text) والرسوم التصويرية (Graphics)والصور (Images) و الرسوم المتحركة (Animation) و تقنيات الفيديو (Video Technology) و الصوت والموسيقى (Voice & Music) كما هو مبين فى شكل (٢-١٢). ويمكن القول بأن استخدام الوسائط المتعددة قدأضاف الإمكانيات الصوتية والفيديوية إلى عملية التحاور بين الإنسان والحاسب، مثال ذلك إستخدام تقنيات الصوت المجسم مع تقنيات الرسوم الجرافيكية والتصويرية لتنفيذ السيمفونية التاسعة لبتهوفن على الحاسب حيث يمكن النظر إلى أدق التفاصيل للنوتة الموسيقية



شكل (٢-١٢) تقنيات الوسائط المتعددة

والسماع لها فى نفس الوقت.

ولإعطاء فكرة للقارئ عن الامكانيات المطلوبة للمكونات المادية (Hardware) اللازمة لإستخدام الوسائط المتعددة على الحاسبات الشخصية والذى يمكن تعريفه بحاسب الوسائط المتعددة الشخصى (Multimedia PC) كما يلى :

١ - حاسب شخصى ذو معالج (80486,or,80586) ذو ذاكرة تشغيل (RAM) ذات سعة (٢) ميجابايت (2MB) على الأقل .

٢ - محرك للأقراص عالية الكثافة(CD-ROM) لنقل ١٥٠ كيلوبايت من البيانات فى الثانية.

٣ - التعامل مع أى من الثلاثة أشكال للكروت الصوتية وهى (CD, Waveform, MIDI boards) .

٤ - التعامل مع كارت للفديو (Video board) والذى يسمح بمشاهدة الإرسال التليفزيونى أو من مسجل الفيديو من خلال نافذة على الشاشة.

٥ - استخدام برنامج النوافذ وامكانياته المتعددة (Windows 3.1) .

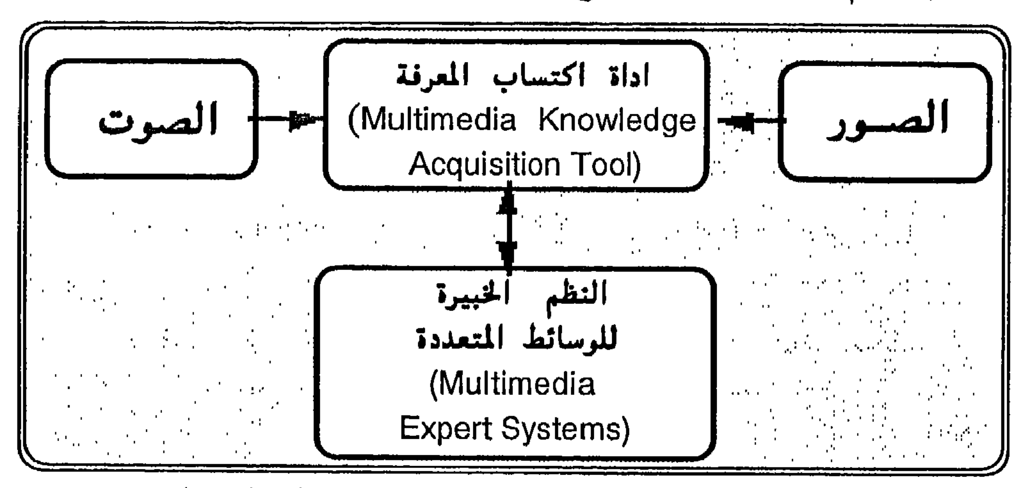
٦ - ونظرا للحجم الهائل للملفات التى تحمل بيانات فيديوية فإنه يلزم إستخدام إحدى وسائل ضغط البيانات الفديوية مثل (VDI) او (JPEG).

تلعب أساليب الذكاء الإصطناعى دورا هاما فى تطوير تقنيات الوسائط المتعددة حيث يمكن اعتبار نظم الوسائط المتعددة مثل نظام الشارع ذو الاتجاهين

(Multimedia =Two - Way Street System)

الإتجاه الأول : حيث يعمل الذكاء الإصطناعى على توسيع وتعدد دائرة الإتصال وبذلك يزيد من عرض وإتساع قناة الاتصال للمعلومات التى ترد من التقنيات المختلفة إلى الإنسان.

الإتجاه الثانى : او الإتجاه العكسى والذى تعمل فيه الوسائط المتعددة كأداة لاكتساب المعرفة (Multimedia Knowledge Acquisition Tool) والذى يؤدى إلى بناء النظم الخبيرة للوسائط المتعددة (Multimedia Exert Systems) مثال ذلك اذا أدخلنا الصوت لاحدى الماكينات وكذلك صور للقطع المكونة لها فى بناء نظام للخبرة يعتمد علي تصنيف الأصوات فإنه يمكن الحصول على التشخيص للعطب الموجود باحدي الماكينات المعطوبة وكذلك الإقتراحات اللازمة لتغيير قطع الغيار، ويبين شكل (٢-١٣) كيف أمكن تحويل نظم الوسائط المتعددة إلى نظم خبيرة للتشخيص واقتراح الحل.



شكل(٢-١٣)نظام خبير للتشخيص بإستخدام الاصوات

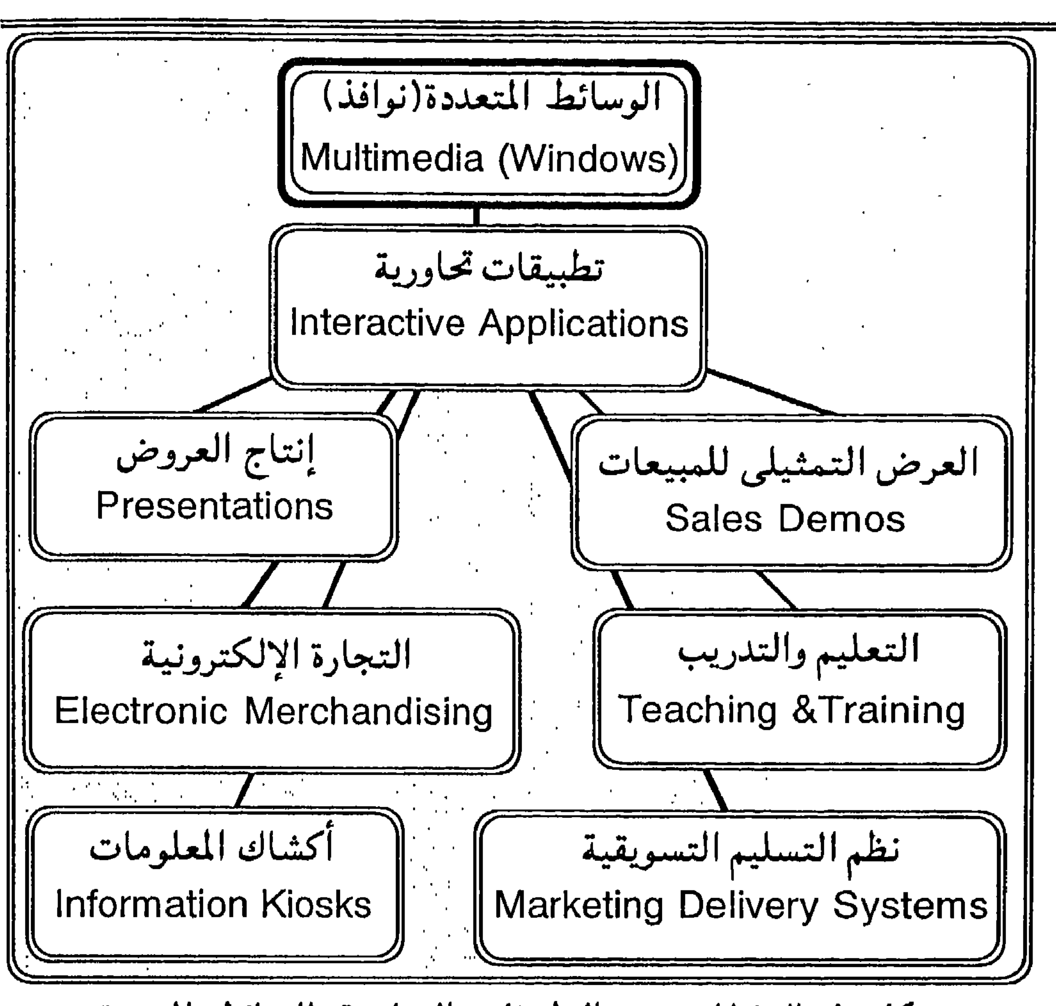
وتوجد تطبيقات كثيرة لتقنيات الوسائط المتعددة (باستخدام النوافذ) والتى تعتمد على التحاور مع المستخدم حيث تتخذ أساليب الذكاء الإصطناعى كعمود فقرى لبنائها كما هو مبين فى شكل (٢-١٤) ومن هذه التطبيقات ما يلى : ١-إنتاج العروض (Presentations).

٢-التعليم والتدريب (Teaching &Training). ٣- أكشاك المعلومات (Information Kiosks).

٤- التجارة الإلكترونية (Electronic Merchandising).

٥- العرض التمثيلى للمبيعات (Sales Demos).

٦- نظم التسليم التسويقية (Marketing Delivery Systems).



شكل (٢-١٤) بعض التطبيقات التحاورية للوسائط المتعددة

بعض نظم الذكاء الاصطناعي بالوسائط المتعددة (Multimeadia AI Systems)

Director 3.1	نظام المؤلف التحاوري مع استخدام الرسوم المتحركة.
Expert Advisor2.3	نظام خبرة لميكنة المكاتب
InterActive	نظام تحاوري متعدد لانتاج العروض
Personal HyperBase	برولوج مشفر لانتاج تطبيقات ذكية.
SELLavision	مجموعة متكاملة لربط نظم الخبرة بالوسائط المتعددة
Quik Point FX150	مجموعة تشغيل ذكية للشاشات النشطة

الفصل الثالث

النظم الخبيرة

ومجالاتها المختلفة

Expert Systems

and its

Different Domains

(٣-١) النظم الخبيرة (Expert Systems)

يعتبر مجال النظم الخبيرة (نظم المعارف) من أهم المجالات التى تطورت فى المرحلة الحديثة والتى ارتبطت بإستخدام الحاسبات فى إيجاد الحلول للمشكلات التى يتطلب حلها وجود خبرة أو خبير إنسانى فى هذا المجال، ولتفهم الدور الأساسى لهذه النظم وكيف يتم ميكنة الخبرة الإنسانية لتدخل ضمن برامج الحاسبات حتي تصبح فى النهاية نظما برمجية تحتوى على الخبرة الإنسانية فى مجال معين وتعطى حكماً أو تصرفاً شبيهاً بالتصرف الإنسانى تجاه حل هذه المشكلات وتنفيذا لذلك تم الاستعانة بما يلى :

١ - إتخاذ قاعدة التضمين الشرطى المنطقى(IF - THEN) فى الشكل :

"إذا توفر الشرط (أو الحدث) (أ) يكون العمل أو(النتيجة) (ب)"

كأساس حجر الزاوية فى تطوير برامج الذكاء الإصطناعى والتى أطلق عليها وحدة الإستدلال المنطقى (Logical Inference) حيث يستدل على العمل أو النتيجة (ب) إذا توفر الشرط (أ) واختصارها فى الشكل (L.I) واتخاذها كاساس لتطوير حاسبات الجيل الخامس مثل حاسبات الاستدلال التتابعي والمتوازي.

٢ - يمكن عمل سلاسل تتكون من عدة قواعد بحيث يتطابق العمل أو النتيجة لقاعدة مع الشرط أو الحدث للقاعدة التي تسبقها فإذا عرف الشرط وكان المطلوب النتيجة فإن ذلك يعتبر تسلسلا فى الإتجاه الأمامى (Forward Chaining) وإذا كان العكس هو المطلوب اى أنه تم التعرف على النتيجة أولا وكان المطلوب تحديد الشرط فإن ذلك يعتبر تسلسلا فى الإتجاه العكسى أو الخلفى أو الراجع (Backward Chaining).

٣ - تم إستخدام قاعدة التضمين الشرطى كأساس فى إدخال الخبرة الانسانية على شكل شروط ونتائج وإستخدام التسلسل الأمامى والخلفى لميكنة هذه الخبرة فى النظام الخبير.

فما هو النظام الخبير ؟

ويجيب على هذا التساؤل الباحث الرئيسى فى النظم الخبيرة بجامعة ستانفورد دكتور إدوارد فاينجن باوم (Edward Feingen Baum) كمايلى:

" نظام المعرفة أو النظام الخبير هو ذلك البرنامج الذكى الذى يستخدم القواعد المأخوذة من الخبرة الإنسانية على هيئة شروط ونتائج فى مجال معين وإستخدام طرق الإشتقاق والإستدلال لإستخراج وإستنتاج النتائج المعللة بالأسباب والناجة عن تطابق هذه الشروط أو النتائج مع شرط أو نتيجة ما

والخاصة بمشكلة معينة يراد إيجاد الحل لها ".ويتركب النظام الخبير كما يبين شكل (٣-١)من شقين كما يلي:

أ- الشق الأول : والذي يتم فيه بناء قاعدة المعرفة وذلك بالتسلسل الآتى:

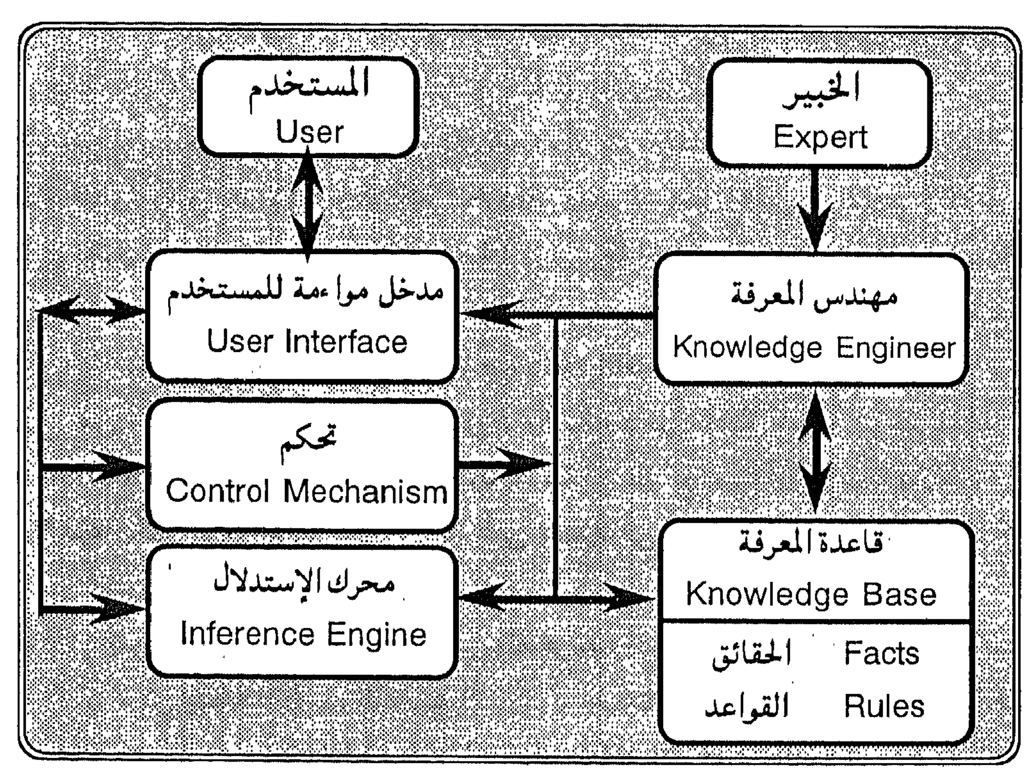
١ - **الخبير** (Expert) أو مجموعة الخبراء فى المجال المعين المطلوب الحصول على نظام الخبرة فيه، حيث يقومون بإعطاء كل ما جمعوه من خبرة بأدق التفاصيل إلى مهندس المعرفة.

٢ -**مهندس المعرفة** (Knowledge Engineer) والذى يتولى وضع الخبرة فى شكل قواعد للتضمين الشرطى متضمنة للشروط والنتائج لهذه الشروط وكذلك تطبيق التقنيات المختلفة.

ب-الشق الثانى :والذى يتم فيه طرح الأسئلة من قبل المستخدم والحصول علي النتائج أو النصيحة من النظام الخبير والذي يتم بالتسلسل الآتى:

١- المستخدم (User) العديم الخبرة أو ذو الخبرة المحدودة والذى يريد أن يحصل على المعرفة الحقيقية والخبرة المكتسبة لمشكلة ما فى هذا المجال.

٢- مدخل المواءمة للمستخدم (User Interface) والذى يسمح بتبادل المعرفة بين المستخدم



شكل (٣-١) الهيكل الأساسى للنظام الخبير فى مجال معين

وقاعدة المعرفة والذى يجعل سؤال المستخدم مفهوما من قبل قاعدة المعرفة.

٣- أداة التحكم (Control Mechanism) وهى التي تقوم بالتحكم الداخلي في محرك الإستدلال وقاعدة المعرفة للإجابة علي السؤال المطلوب من قبل المستخدم.

٤- محرك الإستدلال(Inference Engine) والذي يقوم بعمل يشبه عمل المحرك وذلك بتوجيه البحث في الإتجاهات المختلفة بقاعدة المعرفة الي أن يتم الإجابة علي سؤال المستخدم.

ويمكن القول بأن تطور علم الذكاء الإصطناعى قد أدي إلى كثير من النظم الخبيرة والتى تعتبر من أهم نتائجه والتى بدأت تغزو التطبيقات المختلفة منذ بداية المرحلة الحديثة إلى الآن(١٩٧٥-١٩٩٥) حيث أصبحت النظم الخبيرة من أهم العوامل المؤثرة إقتصاديا، ويمكن إبراز الفكرة الأساسية للنظم الخبيرة وذلك بعمل محاكاة مبسطة لنظام خبير يعمل كمستشار طبى، ونظام آخر للتعرف علي الصور الجوية ونظام خبير لتحديد الأعطال بالشبكات التليفونية.

(٣-١-١)محاكاة للنظام الخبير " المستشار الطبى"

لكى يؤدى الحاسب دور الطبيب الخبير لتشخيص مرض ما، فإنه يقوم أولا بتوجية الأسئلة إلى المريض الذى يقوم بدوره بالإجابة على هذة الأسئلة (بنعم) أو (لا) و بذلك فإن الحاسب سوف يطرح الأسئلة على شاشته و احدا تلو الآخر حيث يقوم الطبيب المعالج للمريض(المستخدم) بالإجابة على الأسئلة عن طريق لوحة المفاتيح كما هو مبين فى شكل (٣-٢)، ومن هنا نرى أن البرنامج لكى يحاكى ما فعله الطبيب كان لابد له أن يقوم بإستخدام الأداة الشرطية (إذا) و أداة المنطق(و) و أداة الإشتقاق للنتائج (يكون)فى وضع التسلسل الخلفى أو الراجع كالآتى :

تكون (النتائج) الغدد اللعابية منتفخة (و) درجة الحرارة عالية (و)إفراز اللعاب بالفم قليل ....اذا كان المرض التهاب الغدة النكفية، من الملاحظ أن النتيجة الاولى ليست الخاصة بارتفاع درجة الحرارة ولكنها خاصة بالغدد اللعابية.

من هنا كان لابد من حفظ الشروط والنتائج داخل قاعدة المعلومات بطريقة هرمية (Heuristic) لتساعد على التفرع والوصول بسرعة إلى النتائج حيث أنه لو بدأنا بدرجة الحرارة أولا فربما يكون هناك العديد من الأمراض التى تشترك فى إرتفاع درجة الحرارة، ومن هنا كان ترتيب الشروط من الأهمية لتقليل وقت البرنامج.

ومن الملاحظ أن هذا المستشار الطبى المصغر يستخدم القاعدة الآتية للتضمين الشرطى :

إذا كان المرض التهاب بالغدد النكفية (الشرط أو الحدث):يكون(الفعل أو النتيجة) الغدد اللعابية منتفخة (و)درجة الحرارة مرتفعة(و)إفراز اللعاب بالفم قليل والعقد الليمفاوية بالرقبة منتفخة (و) يعاني المريض من صعوبة فى البلع.

من هنا يتضح أن هذا النظام الخبير يستخدم التسلسل العكسى أو الخلفى (Backward Chaining)، وبمقارنة المستشار الطبي المصغرمع التركيب المطلوب للنظام الخبير شكل (٣-١) نلاحظ ما يلى :

١ - تعاون الخبراء من الأطباء مع مهندس المعرفة لوضع الخبرة المكتسبة في شكل قواعد وحقائق مستخدماً في ذلك قواعد التضمين الشرطى.

٢ - تم بناء قاعدة المعرفة والمحتوية علي المعارف اللازمة لتشخيص أحد الأمراض من مجموعة الأمراض المشتركة في كثير من الأعراض ووضعها داخل الحاسب.

٣ - يقوم المستخدم (ذو الخبرة المحدودة أو عديم الخبرة) بالإجابة علي الأسئلة التي يقوم الحاسب بتوجيهها إلى المستخدم عن طريق شاشته مستخدما في ذلك لوحة المفاتيح التي تعتبر جزءاً من مدخل المواءمة مع المستخدم وذلك لإدخال الإجابات إلى قاعدة المعرفة باللغة الطبيعية.

٤ - يعمل محرك الإستدلال علي تحديد نوع المرض وذلك بالبحث داخل قواعد المعرفة مستخدما في ذلك طرق البحث المختلفة وتقنيات التوحيد والطرق المختلفة للإستدلال حتي يعثر علي التشخيص لنوع المرض المقابل للحقائق المدخلة.

٥ - وطبقاً لنوع المرض يمكن إقتراح العلاج.

نظام تشخيص طبى مبسط
المستشار الطبى

النظام الخبير :هل الغدد اللعابية منتفخة ؟
المستخدم :...... نعم
النظام الخبير: هل يعانى المريض من حرارة مرتفعة ؟
المستخدم :...... نعم
النظام الخبير: هل افراز اللعاب بالفم قليل ؟
المستخدم :...... نعم
المستخدم : هل العقد الليمفاوية بالرقبة منتفخة ؟
المستخدم :...... نعم
النظام الخبير: هل يعانى المريض صعوبة فى البلع ؟
المستخدم :...... نعم

*** النتيجة**
***نوع المرض : التهاب بالغدد النكفية .**

شكل (٣-٢) نظام خبير مبسط فى المجال الطبى

(٣-١-٢)محاكاة لنظام خبير مبسط للتعرف الصور الجوية.

مثال آخر للنظم الخبيرة المبسطة هو نظام التعرف على المطارات التجارية من الصور الجوية والذي يتبع تطبيقات الذكاء الإصطناعى في معالجة الصور(Image Processing) والمبين في شكل (٢-٣) والذى يستخدم قاعدة التضمين الشرطى المنطقى الآتية :

" (اذا)توفر الشرط ان(س)= مطاراً تجارياً-(اذا كانت النتائج) (س) صورة جوية (و)تحتوى (س) على ممر أو ممرات (و) تحتوى (س) على طائرة أو طائرات(و) تحتوى (س) على مبنى أو مبان (و)تحتوى (س) على بعض الطائرات تتجه مقدمتها إلى المبنى ".

ويلاحظ إستخدام التسلسل العكسى الإتجاه (Backward Chaining) والذى يعطى الشرط إذا توفرت النتائج .

ويعتبر نظام التشخيص الطبى (Mycin) أول نظام خبرة من الناحية العملية حيث قام النظام بتشخيص أمراض الدم الناتجة عن الإصابة بالانواع المختلفة للبكتريا ويتم ذلك عن طريق مقارنة مجموعة الشروط التى تصف بدقة ظواهر المرض البكتيرى المخزونة بالذاكرة فى قاعدة المعرفة الرئيسية (Basic Knowledge Base) مع مجموعة البيانات التى يحصل عليها الحاسب من المريض عن طريق وصلات المواءمة (Interfaces) التى توصل بارامترات وظواهر المرض إلى الحاسب على شكل أسئلة واجابات تمثل قاعدة البيانات الحقيقية .ولقد تميز هذا النظام فى ذلك الوقت باستخدام قاعدة المعرفة الأساسية على شكل قواعد للتضمين الشرطى : "

إذا " - " يكون " (IF -THEN)

وتتوالى بعد ذلك بقية القواعد المؤكدة لظواهر المرض البكتيرى ونوع البكتيريا المسببة له فى تسلسل منطقى خلفى و استخدام الأداة المنطقية "و" (AND) . وبعد التأكد من تطابق نتائج المرض مع نوع الإصابة بالمرض البكتيرى يصل الحاسب إلى إتخاذ قرار لتأكيد نوع الإصابة.. كما يعطى هذا النظام نسبة إحتمال الإصابة بهذا المرض وذلك بقياس النسبة بين عدد الشروط المتطابقة إلى العدد الكلى للشروط، فمثلا تبلغ نسبة إحتمال التشخيص إلى ١٠٠٪ إذا تحقق التطابق فى كل الشروط بين قاعدة البيانات الحقيقية وقاعدة المعرفة الرئيسية وتقل نسبة احتمال التأكد بالإصابة إذا لم يتمكن التطابق المتسلسل من الوصول إلى نهاية تلك السلسلة الشرطية، وقد حقق هذا النظام نجاحا كبيرا فى تشخيص المرض.

من هنا أصبح هذا النظام أول نظام خبرة يؤدى عملا يماثل عمل الطبيب الخبير فى تشخيص الأمراض البكتيرية وإقتراح العلاج اللازم لذلك وبعد التأكد من تطابق الشروط لنوع الإصابة

نظام خبير مبسط للتعرف على الصور الجوية

النظام الخبير :هل (س)صورة جوية؟

المستخدم :...... نعم

النظام الخبير : هل تحتوى على ممر أو ممرات؟

المستخدم :...... نعم

النظام الخبير : هل تحتوى على طائرة أو طائرات؟

المستخدم :...... نعم

النظام الخبير : هل تحتوى على مبنى أو مبان؟

المستخدم :...... نعم

النظام الخبير : هل تتجه مقدمة بعض الطائرات إلى المبنى ؟

المستخدم :...... نعم

*** النتيجة**

*** الصورة الجوية (س) تمثل مطاراً تجارياً .**

شكل (٣-٣) نظام خبير مبسط فى مجال التعرف على الصور الجوية

بالمرض البكتيرى يصل الحاسب إلى إتخاذ القرار ولقد استخدم هذا النظام التسلسل العكسى ولغة البرمجة بأسلوب القائمة (LISP) .

(٣-١-٣)محاكاة لنظام خبير لتحديد الأعطال بالشبكات التليفونية
(Fault Diagnostic Expert System)

تعتبر النظم الخبيرة للتشخيص من أهم التطبيقات في مجال الإتصالات وخصوصا تحديد الأعطال، وفيما يلي هيكل نظام خبير لتشخيص الأعطال ودراسة الحركة بالشبكات التليفونية والذي يتكون من جزئين :

الجزء الأول: يتكون من الآتى :

١ - المكونات المادية للشبكة الأصلية (Networking Hardware) والتى تشمل دوائر الإتصال الإلكترونية وملحقاتها.

٢ - وصلة مواءمة تماثلية / رقمية (Analog / Digital Interface) والتي تسمح بتبادل المعلومات والبيانات بين المكونات المادية للشبكة الأصلية وبين برنامج الشبكة والتى يمكن

تبسيطها في حالة إستخدام الشبكات الرقمية.

٣ - برنامج الشبكة (Networking Sofware) والذي يسمح بتحديد العناصر المادية للشبكة والمسارات للخطوط والارقام والعملاء، والذي يتولي ذلك من خلال قاعدة البيانات.

٤ - قاعدة بيانات الشبكة (Data Base) والتي تحتوي علي جميع التفاصيل التركيبية للشبكة والتي يمكنها إعطاء بيانات عن الحالة التشغيلية لها وكذلك جميع التفاصيل للعملاء وذلك من خلال برنامج الشبكة والإستعانة بالرسوم الجرافيكية (Graphics) لتوضيح ذلك.

الجزء الثاني : يتكون من الاتى :

١ - قاعدة المعارف (Knowledge Base) والتي تحتوي علي جميع الأعطال الممكنة بالشبكة وأسبابها وكيفية إدارة الاصلاح بها وتحتوي كذلك علي نظم تشخيص الأعطال من خلال قاعدة بيانات الشبكة.وتعمل هذه النظم علي تحديد العطل واستخراج بياناته.

٢ - محرك الإستدلال (Inference Engine) والذي يقوم بالعمل لتنفيذ مايطلبه المستخدم عن طريق مدخل المواءمة من إستراتجيات للتشغيل(Operating Strateges) والخدمات (Services) والتحكم (Control) وتحديد للأهداف (Objectives) والتعرف على الأعطال (Fault Diagnosis) من خلال قاعدة المعرفة وقاعدة بيانات الشبكة والإستعانة بالرسوم الجرافيكية.

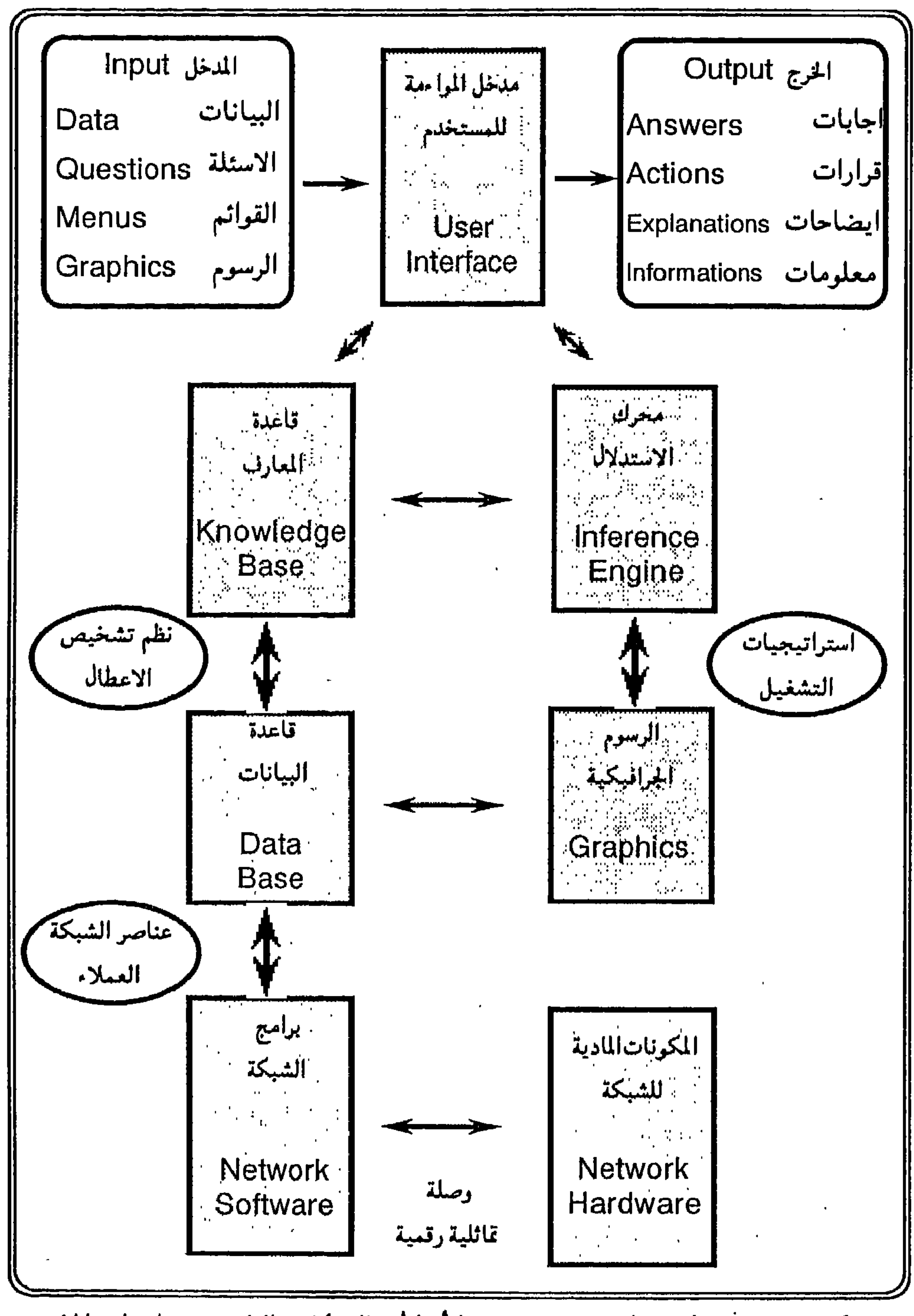
٣ - مدخل المواءمة للمستخدم (User Interface) والذي يوائم بين متطلبات المستخدم والمعلومات والمعارف الموجودة في قاعدة البيانات وقاعدة المعرفة.

٤ - المدخل (Input) والذي يتم عن طريقه إدخال البيانات (Data) وتوجيه الأسئلة للإستفسار عن حالة الأعطال بالشبكة (Questions) وطلب القوائم (Menu) والرسوم الجرافيكية حيث تصل إلى محرك الإستدلال عن طريق مدخل المواءمة للمستخدم.

٥ - المخرج (Output) والذي يتم عن طريقه الحصول علي الاجابات علي الأسئلة (Answers) والأفعال المطلوبة(Actions) والإستفسارات(Explanations) والمعلومات (Informations) عن الأعطال وكيفية اصلاحها والبيانات عن الحركة والعملاء والمستخدمين وأى بيانات اخري مطلوبة من قاعدة البيانات وقاعدة المعرفة..

ويبين شكل (٣-٤) هيكل نظام الخبرة لتشخيص وتحديد وتحليل الأعطال بالشبكات التليفونية والذي يمكن أن يطبق في حالات مماثلة.

ولإيضاح التقدم الكبير فى النظم الخبيرة فى منتصف التسعينات فإننا ناخذ النظام الخبير



شكل (٣-٤) هيكل نظام خبير لتحديد الأعطال بالشبكات التليفونية وإقتراح الحل.

اليابانى((Model Generation Theorm Provers(MGTPs) كمثال لهذا التقدم والذى يستخدم فى تخليق نماذج الإثبات الأوتوماتيكى للنظريات الرياضية المرمزة والذى يعتبر من أحد نتائج أبحاث الجيل الخامس(تم الاعلان عنه فى ١٩٩٢م) والذى يجرى إستخدامه على حاسبات الإستدلال المتوازية ((Parallel Inference Machine (PIM) التى تحتوى على(٢٥٦) من المعالجات المتصلة على التوازى وإستخدام لغة (KLI) حيث يمكن البحث خلال (٣,٠٠٠,٠٠٠) ثلاثة ملايين تفرع إستدلالى فى أقل من أربع ساعات.

(٣-٢) الخصائص والمتطلبات العامة للنظم الخبيرة

يمكن وضع متطلبات عامة لابد أن تتوافر فى النظم الخبيرة وهى كما يلى :-

١ - أن يحتوى هيكل نظام الخبرة بالدرجة الاولى على قاعدة معارف أساسية تشتمل على شروط مماثلة للخبرة المكتسبة للإنسان وطرق معالجته لموضوع معين لكى يصل فى النهاية إلى التعرف على القرار الصائب كما هو واضح فى نظام التشخيص الطبى السابق ذكره .

٢ - أن يكون هذا النظام قادرا على التعامل مع قاعدة البيانات الكبيرة التى تصف الهدف كما هو الحال فى إستخدام هذه النظم فى التعرف على الصور الجوية أو فى المجال الحربى.

٣ - أن يشتمل نظام الخبرة على أساليب بحث ذات كفاءة عالية نظرا لتعدد قواعد البيانات وقواعد المعرفة وأن يكون النظام قادرا على التفرع السريع.

٤- أن يكون النظام قادراً على التعامل مع بيانات غير كاملة وناقصة (Incomplete Data) وحتى بيانات مشوشة (Conflictual Data) مثل نظم الخبرة المستخدمة للتعرف على نوع الطائرة من بيانات توضح جزء فقط منها أو إستخدام النظام لقراءة كتابة غير واضحة أو مطموسة .

٥ - إمكانية إدخال بيانات لقواعد المعرفة تحتوى على شروط تمثل خبرات جديدة وذلك لتحديث النظام والوصول إلى ثقة أكبر فى إتخاذ القرار و ربما لبناء نظم عملاقة، ومن هنا نرى أن النظم الخبيرة هى التطور الطبيعى لنظم الذكاء الإصطناعى التي تحمل ذكاء وخبرة الإنسان إلى النظم والبرامج المستخدمة علي الحاسبات.

(٣-٢-١) السمات العامة

من أهم سمات النظم الخبيرة والتى تتميز بها عن بقية النظم الآخرى ما يلى :

أ - تعتبر قواعد المعرفة قواعد متخصصة فى موضوع أو مجال أو نطاق معين وذلك نظرا

لإختلاف الخبرة بإختلاف المجال، وعلى ذلك فإن نظم المعرفة فى مجال معين لاتفى بمتطلبات مجال أو نطاق آخر، ومن البديهى أن نظام التشخيص الطبى لا يكون مفيداً فى التعليم أو إيجاد وتحديد الأعطال.

ب - تعتبر طرق الإستدلال والإشتقاق لإستخراج النتائج وهى ما تسمى مجازا بمحرك الإستدلال او الحكم (Inference Engine) على الاشياء التى يمكن إستخدامها لأكثر من نظام إذا تغيرت قاعدة المعلومات الثابته لتناسب النظام الجديد.

جـ - لاستخدام طرق الإشتقاق المتعلق بالأسباب لابد من تمثيل جميع القواعد والشروط على شكل مجموعات من الأدوات الشرطية(إذا) توفر الشرط (تكون) النتيجة.

(٣-٢-٢)المجالات المناسبة

تبين الجداول شكل (٣-٥)وشكل (٣-٦)الفرق بين طبيعة المجالات المناسبة للنظم الخبيرة والتى تكون فيها هذه النظم ضرورية بالدرجة الاولى والفرق بينها وبين النظم الحسابية والمحاسبية.

(٣-٢-٣) تجمع النتائج من البيانات (Data Convergence)

من المعروف أن نظم الحاسبات تزداد كفاءتها كلما زادت كميات البيانات والعلاقات عند مخرج الحاسب خصوصاً عندما تكون البيانات عند المدخل صغيرة وتعرف هذه الظاهرة بأنها ظاهرة تفرق البيانات إلى النتائج وعلى العكس، فإن المخ البشرى والنظم الخبيرة تكون أكثر كفاءة

مجالات مناسبة للنظم الخبيرة	مجالات غير مناسبة للنظم الخبيرة
١ - لا توجد حلول وقواعد خوارزمية بل توجد نظم هرمية (HEURISTIC) .	١ - توجد قواعد و حلول خوارزمية (ALGORITHMIC) تتابعية تعطى الحل
٢ - يوجد عدد قليل من الخبراء فى المجال	٢ - لا يتطلب وجود خبراء فى هذا المجال ويساوى ذلك وجود خبراء كثيرون من عدمه
٣ - البيانات المتاحة مشوشة (NOISY)	٣ - حقائق دقيقة و معادلات وطرق حسابية
٤ - مجالات تشخيصية أو فى مجال التنبؤ .	٤- مجالات تستخدم طرق التماثل و الإشتقاق العددى لإعطاء الحل .
٥ - المعلومات ثابتة و لا تتغير مع الزمن	٥ - المعلومات و البيانات غير ثابتة

شكل (٣-٥) مقارنة بين مجالات النظم الخبيرة والنظم الحسابية.

النظم المستخدمة فى المحاسبات التقليدية	النظم المستخدمة فى النظم الخبيرة
١ - يحكم التدفق بطريقة منتظمة الخطوات .	١ - يحكم التدفق بالبيانات والمعلومات والمعارف والرموز .
٢ - المعالجة أساساً رقمية .	٢ - المعالجة أساساً رمزية .
٣ - هيكل الحاسب يعتمد على أساس هيكل معمارية فون نيومان .	٣ - هيكل الحاسب لا يعتمد على هيكل معمارية فون نيومان .
٤- التفرق المعتمد على بيانات قليلة عند المدخل لتعطى بيانات كثيرة عند المخرج .	٤- التجمع المعتمد على بيانات كثيرة عند المدخل لتعطى نتيجة واحدة عند المخرج .
٥- المعالجة تسير على خطوات الخوارزميات.	٥- المعالجة تسير على الخطوات المختلفة لطرق البحث الهرمى .
٦- يتطلب العمل على الحاسب مبرمج لوضع خطوات الخوارزميات باحدى اللغات.	٦- يتطلب العمل خبير معرفة لوضع الشروط و إستنتاج النتائج.
٧ - معالجة تتابعية.	٧- معالجة تجاورية ومتوازية.
٨ - الهيكل البنائى يمتد فى شكل خطى كالخط المستقيم.	٨- الهيكل البنائى تجاورى لاخطى ويمكن ان يصبح دائرى الشكل.

شكل (٣-٦) مقارنة بين طبيعة النظم المستخدمة فى المحاسبات التقليدية والنظم المستخدمة فى النظم الخبيرة

عندما تعطى نتائج قليلة ومحددة عند المخرج من بيانات كثيرة ومعلومات عند المدخل.

وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة تجميع البيانات إلى نتائج تكون أقل حجماً من البيانات عند المدخل، ومثال ذلك مثل العالم الذى يمضى عدداً من السنوات فى تحليل كثير من المعلومات والبيانات للوصول إلى نتيجة حقيقية واحدة تكون من القوة بحيث أنه ينال عليها جائزة مثلا.

وبذلك يكون النظام الخبير هو ذلك البرنامج الذى يختلف كثيرا عن البرامج العادية المستخدمة فى المحاسبات لأنه يستخدم ظاهرة تجميع البيانات عند المدخل لتعطى بياناً واحداً عند المخرج.

(٣-٣)تقنيات البرمجة للنظم الخبيرة

(Expert System Techniques)

من المعروف أن معظم نظم الذكاء الإصطناعى وكذلك أساليب البرمجة للنظم الخبيرة في مجالات التشخيص الطبي ومجال الرؤية بواسطة الحاسبات واللغات والتصميم والتحكم وكذلك في المجالات الادارية لإتخاذ القرار والتنبؤ والنظم في المجالات الحربية والأمنية مثل التخطيط الحربي ومكافحة الإرهاب الدولي كانت تتطلب العمل علي الحاسبات الكبيرة والمتوسطة في بادئ الأمر مع إستخدام نهايات طرفية، ولقد تطورت البرمجيات والأساليب للنظم الخبيرة لتلائم التقدم الكبير في تكنولوجيا الحاسبات الشخصية من ناحية زيادة سعة الذاكرة وكذلك القدرة التخزينية والسرعة في شكل نماذج أولية (Prototypes) والتى أمكن نشرها بين مستخدمي هذه الحاسبات. وتعتبر تقنيات النظم الخبيرة من تقنيات البرمجة المتطورة، وللإجابة على السؤال الآتي : **لماذا تعتبر متطورة ؟ و ما هو وجه اختلافها عن البرمجة العادية ؟** فإننا نورد الجدول شكل (٣-٧) الذي

البرمجة العادية	النظم الخبيرة
١- برنامج Program	١- قاعدة المعارف Knowledge Base
٢- المحلل / المنفذ Interpreter / Compiler	٢- محرك الإستدلال Inference Engine
٣- مخطط / محلل برامج Programmer / Analyst	٣- خبير معرفة Knowledge Expert
٤- لغة برمجة عادية FØRTRAN, BASIC	٤- أداة برمجة عالية التكوين مثل الغلافة Shell Tool أو أحد اللغات عالية التكوين مثل Rule Talk or ALS Prolog

جدول (٣-٧) - مقارنة بين البرمجة العادية وبرمجة النظم الخبيرة

يبين المقارنة بين اسلوب البرمجة العادية واسلوب البرمجة في النظم الخبيرة.

من الجدول يتضح أن المقابل للبرنامج في النظم الخبيرة هو قاعدة المعلومات وأن آلة الحكم أو الإستدلال التى تشتمل على البحث وتطبيق الشروط في قاعدة المعلومات تقابل المحلل في البرمجة العادية، وأن مخطط البرامج يقابله خبير المعلومات، وأن إستخدام لغة عادية للبرمجة يقابلها في النظم الخبيرة إستخدام أداة برمجة (Programming Tool) عالية التكوين مثل الغلافة (Shell) والتى غالبا ماتكون مستقلة يمكن ربطها بغلافات اخري, ولتوضيح الفرق بين البرمجة العادية والنظم الخبيرة فانه يمكن القول بأنه في الحالة الأولي يقوم المستخدم عن طريق وصلة مناسبة (لوحة مفاتيح مثلا) بوضع خطوات البرنامج على شكل جمل داخل الحاسب بإستخدام قواعد لغة مناسبة ثم يجري تشفيرها ليقوم المحلل / المنفذ (Interpreter) بتحليلها وتنفيذ خطوات هذا البرنامج ليتعامل مع البيانات التى يتم إدخالها مع البرنامج أو بعد ذلك لاعطاء النتيجة المطلوبة .

ويظهر الفرق في حالة النظم الخبيرة من أن المستخدم يبدأ عن طريق وصلة مناسبة لتحميل قاعدة المعارف التى تختلف كثيرا عن قاعدة البيانات حيث أن الأولي قابلة للحساب (Executable) اما الثانية فهي مجرد بيانات ثم تبدأ بعد ذلك آلة الدلالة أو الإستدلال للبحث و تطبيق الشروط والتفرع إلى الأمام وإلى الخلف في تنفيذ خطوات وشروط قاعدة المعرفة على البيانات التى يتم إدخالها، وعلى ذلك فانه لابد من وجود وسيلة تحاورية للشرح لكي يتسنى للمستخدم الاجابة عن الأسئلة التى سوف تطرح من قاعدة المعرفة وبذلك يتم إدخال العوامل المتغيرة التى تناسب المستخدم وربطها بقاعدة المعرفة، ثم يأتي دور التعامل مع البيانات لتعطي النتيجة المطلوبة مشتملة على الشروط والقواعد التى طبقت والتى تحتوي كذلك على جزء من خبرة المستخدم .و يمكن إلقاء الضوء على عناصر البرمجة للنظم الخبيرة في شكل ملخص كا لآتى :

أ - قاعدة المعرفة التى تعتمدعلى نوعين من المعلومات:

١ - الحقائق (Facts) .

٢ - القواعد أو الشروط التى تبين العلاقة بين هذه الحقائق.ويمكن تمثيل هذه الحقائق والشروط بإستخدام التسلسل المنطقي لتنفيذ الشروط بإستخدام قاعدة العد على أصابع اليد (Rule of Thump) ،وإستخدام الإطارات (Frames) لتمثيل الحقائق والعلاقات بين الحقائق،و إستخدام المنطق (Logic) للتحاور والاجابة عن الأسئلة.وعلى ذلك تعتبر الجملة الشرطية :إذا تحققت الشروط : الحقيقة (١)

والحقيقة (٢) والحقيقة (٣) تكون النتيجة الحقيقة (٩) و الحقيقة (١٠) و هكذا هي أساس العمل في قاعدة المعرفة.

ب - **محرك الإستدلال أو أداة اتخاذ القرار** (Inference Engine) التى تشتمل على أسلوب للبحث والحكم والتفرع إلى الأمام وإلى الخلف، وهي التى تقوم بتنفيذ قواعد التضمين الشرطي الموجودة في قاعدة المعارف كالآتى :

إذا تحقق الشرط (١) تكون النتيجة (٢) وإذا تحقق الشرط (٣) تكون النتيجة (٤) وهذا يعني أنه إذا لم يتحقق أى شرط فلا تكون هناك نتيجة، وغالبا ما تزود آلة الحكم هذه أو أداة التنفيذ كما يطلق عليها بمنطق لتطبيق نظرية الاحتمالات في إتخاذ الحكم، وذلك بإتباع نظرية التصديق (Belief Function).ويمكن إدخال الاداة المنطقية (أو)(OR) لتصبح الجملة الشرطية إذا توافر الشرط (١) والشرط (٢) والشرط (٣) تكون النتيجة (٧) أو (٨) وهكذا.

جـ - **الوصلة بين المستخدم والحاسب** وهذه الوصلة تسمح بإدخال المستخدم كطرف في بناء النظام كما في شكل (٣-٨) حيث يجري محاولة إدخال المستخدم كطرف في بناء النظام الخبير من قبل المصمم. وكذلك شكل (٣-٩) حيث أصبح المستخدم طرفا وعنصراً هاماً في بناء النظام الخبير.

(٣-٤) اللغات والحزم المناسبة للنظم الخبيرة

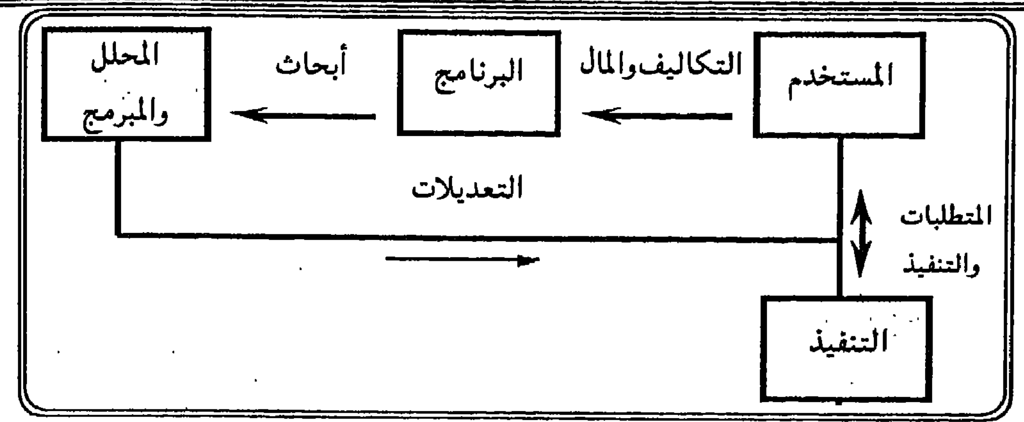
تعتبر الثلاث لغات الآتية ومشتقاتها هي اللغات الاساسية لبناء نظم الذكاء الإصطناعى والنظم الخبيرة على الحاسبات الشخصية وهي :

١- لغة البرمجة بإسلوب القائمة - لسب -(LISP) ومشتقاتها.

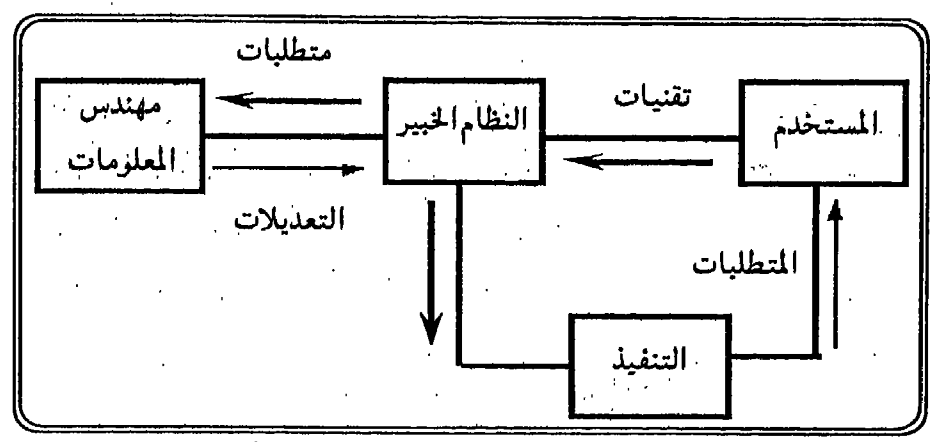
٢- لغة البرمجة بإسلوب المنطق - البرولوج - (PROLOG) ومشتقاتها.

٣- لغة البرمجة بالاهداف أو البرمجة الشيئية - (Object Oriented) ومشتقاتها، مثل سمول توك (SMALL TALK) و(C++) .

وإذا قمنا بالمقارنة بين هذه اللغات بعضها ببعض نجد أن لغة لسب هي لغة طبيعية بينما البرولوج هي لغة منطقية تعتمد على التركيب والتفرع بينما تمتاز لغة سمول توك على المدي الواسع للجرافيك وإستخدام الشبابيك، اما لغة البرولوج فقد طورها اليابانيون سنة ١٩٨١ كأداة لتنفيذ الجيل الخامس تتبع المنطق وتشرح العلاقات بين الاهداف .



شكل (٣-٨) محاولة إدخال المستخدم كطرف فى تطوير النظام الخبير



شكل (٣-٩) النظام الخبير بعد تطويره بإدخال خبرة المستخدم

وتعتبر لغة سمول توك التى تعتمد على توصيف الأهداف من اللغات الجديدة المناسبة لبناء نظم الخبرة حيث يعرف الهدف (Object) في هذه اللغة بأنه عنصر أساسي يعرف بمكان في الذاكرة علي انه جملة، ويمكن القول بان لغة سمول توك لها العديد من الفوائد التى تشتمل على القدرة على الاضافة الجديدة للأهداف بدون تعديل للشفرة الاصلية، وكذلك الربط الديناميكي، وتعتبر لغة ليسب ولغة برولوج من الدعائم الأساسية والمنتشرة عالميا الآن لبناء هذه النظم، حيث ظهرت مشتقات لهما يمكنها التعامل مع اللغات الاخري مثل لغة (ALS PROLOG) ، وتعتبر لغة برولوج ذات الانتشار الكبير في أوربا واليابان عن الولايات المتحدة الامريكية لتنفيذ هذه النظم، بينما تعتبر لغة سمول توك هي لغة البرمجة بالاهداف والتى انتشرت في الولايات المتحدة الامريكية. وأهم حزم البرامج الجاهزة هى (Small Talk 80). ويبين شكل (٣-١٠) بعض حزم البرامج للبرمجة بالقائمة والمنطقية ومشتقاتهما.

حزم برامج البرمجة بالقائمة (حاسبات شخصية) PC LISP Packages	
Name of Package	Application PC
BYSCO LISP	IBM
CLISP	IBM
Cromenco LISP	Z - 80
Expert LISP	Macintosh / IBM
Golden Common LISP	IBM
286-Developer	IBM
IQLISP	IBM
LISP / 80	IBM
LISP / 88	IBM
muLISP	all
UO - LISP	IBM
Waltz LISP	all
XLISP	all
mu LISP 90	all
Lisp LIBRARY FOR C	all
COMMON LISP	(UNIX 386/486)
CLOE 4.0	386/486 Windows
حزم برامج البرمجة المنطقية(حاسبات شخصية) PC Prolog Packages	
Arity Prolog	IBM
IF/Prolog	IBM
LPA Micro-Prolog	IBM
MPROLOG	all
Micro-Prolog	IBM
PC-Prolog	IBM
PROLOG-1&2	IBM
PROLOG V	IBM
Prolog-86	IBM
Turbo Prolog	IBM
Rule Talk	(MS Windows)
ALS Prolog(Prolog Compiler,GUI Tools, Object Oriented Prolog)	Windows 3.1,OS/2,MAC.
Quintus Prolog/386. (Compatible with Quintus Prolog 3.1)	HP,IBM.

شكل(٣-١٠) بعض حزم البرامج للبرمجة بالقائمة والبرمجة المنطقية ومشتقاتها.

(٣-٥)أدوات بناء النظم الخبيرة (Expert System Building Tools)

تعتبر الادوات المساعدة في بناء النظم الخبيرة من الاهمية ، حيث انها قد تطورت بشكل كبير في معامل البحوث المختلفة ثم جري تسويقها علي المستوي التجاري ويبين شكل(٣-١١) التصنيف العام لهذه اللغات إعتمادا علي نوع اللغة المستخدمة في التطوير. ولقد كان مقياس مستوي النجاح للاداة في التطبيق هو إمكانية الاستخدام في اكثر من مجال ، ويمكن تقسيم مراحل التطور زمنيا كما يلي:

١ - المرحلة الاولى(الى ١٩٨٠)

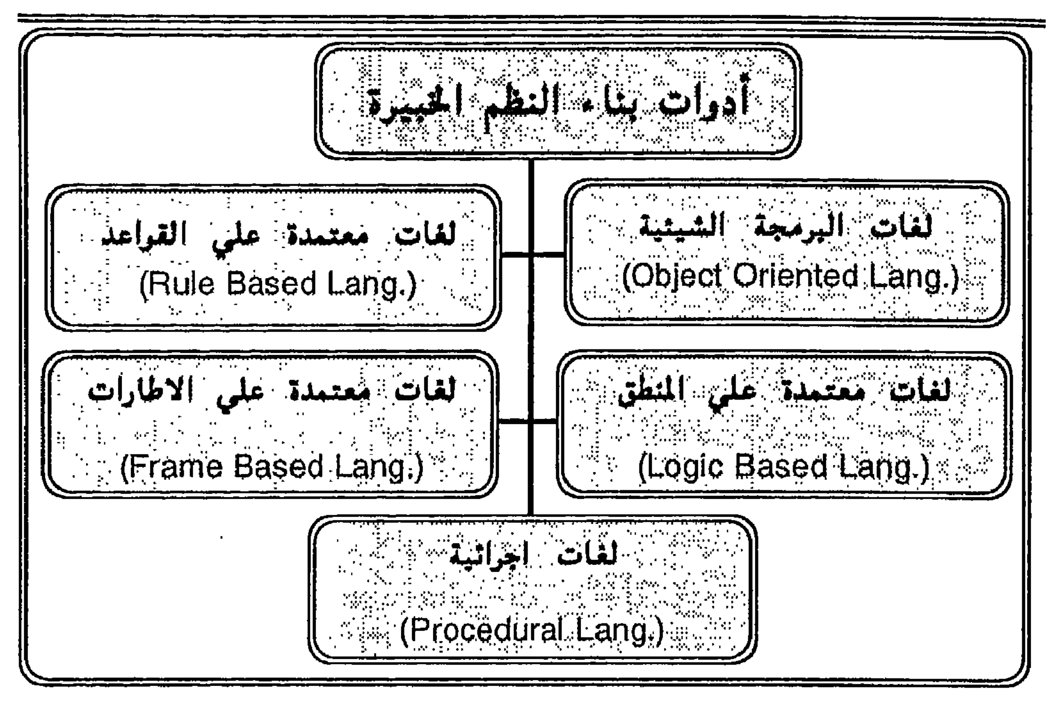
والتي إمتدت من الايام الاولي للذكاء الاصطناعي الي بداية الثمانينات من هذا القرن والتي تميزت بالبحث عن ادوات بناء ذات طبيعة عامة تفي باغراض اكثر من تطبيق مثل الاداة (GRS)ولكن ذلك الاتجاه سرعان ما تم إهماله وعدم الاعتماد عليه والاتجاه الي نظم معتمدة علي نوع المعرفة التي سوف تستخدم في بناء النظام الخبيرولقد أثبتت التجارب أن الاتجاه الجديد قد لاقي نجاحا كبيرا من الناحية الاقتصادية ولكن يشوبه الاعتماد على نوعية المعرفة في مجال التطبيق.

وتعتبر لغة اللسب من اقدم اللغات المستخدمة لبناء النظم الخبيرة والتي امكن إعتبارها كأساس مثل لغة التجميع(Assembler) حيث تم استخدامها بنجاح لبناء الكثير من الادوات بعد ذلك، وفي هذا الاتجاه تم تطوير ادوات مساعدة (Tool kits) وغلافات (Shells) وأدوات مساعدة ذات طابع خاص(Special Tool kits)، ويعتمد بناء النظام الخبير بوجه عام علي البنود الأساسية التالية :

١- الاستراتيجية المناسبة لتمثيل المعرفة.

٢- التفاصيل الدقيقة لعملية المواءمة.

وفي هذه الفترة الزمنية للتطور تم المحافظة على أن تكون هذة البنود منفصلة، مثال ذلك عند بناء النظام الخبير (MYCIN) تم الحصول منه على الأداة المساعدة (EMCIN) وهى عبارة عن النظام نفسه بعد تفريغه من محتوياته المعتمدة على نوعية المجال ماعدا التشكيل البنائى وكذلك محرك الاستدلال، وبذلك تم استخدام هذه الأداة فى بناء نظم خبيرة اخرى. ولقد اعتمد هيكل أداة البناء (EMYCIN) على قواعد الانتاج والمعرفة والسياق الشجرى (Context Tree) الذى يساعد على توجيه المستخدم، وكذلك نظام لقياس المصداقية معتمدا على نظرية التصديق، ولقد اعتمد محرك الاستدلال على ميكانيكية التسلسل الخلفى باستخدام إتجاه العمق

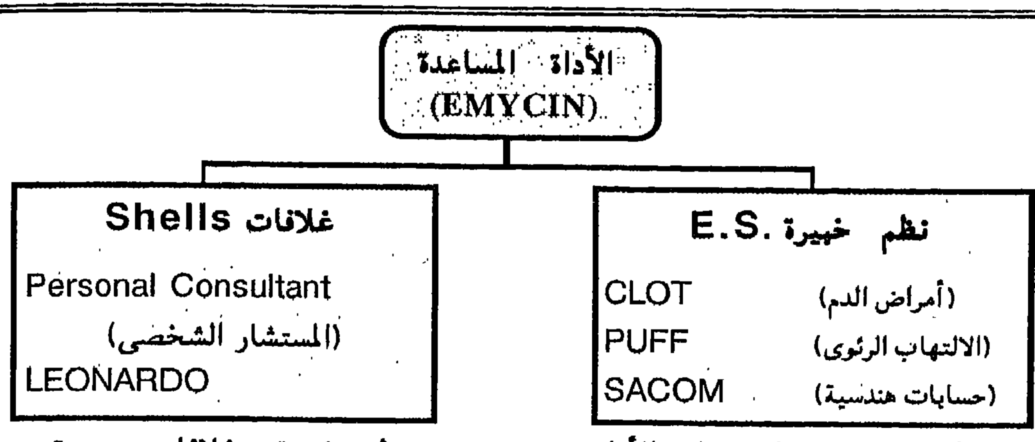


شكل (٣-١١) لغات البناء لادوات النظم الخبيرة

أولا. وتم استخدام الأداة المساعدة (EMYCIN) فى بناء بعض لنظم الخبيرة وكذلك بعض الغلافات كما هو مبين فى شكل (٣ -١٢).

تعتبر أداة البناء (EMYCIN) مناسبة لبناء نظم ذات طبيعة موصفة مثل النظم الطبية مثلا، ولاتناسب النظم التى تتطلب التخطيط او التصميم او التوليف او المتعدد الأهداف، وبالمثل تم استخدام النظام الخبير (PROSPECTOR) فى بناء الغلافة (K.A.S) على أساس هيكله الذى احتوى على مجموعة من قواعد الانتاج فى شكل شبكة استدلالية تعمل من خلال شبكة دلالية تربط كيانات مختلفة فى المجال الجيولوجى، واعتمد محرك الاستدلال على التسلسل الخلفى وعدم مصداقية معتمدة على قاعدة (BAYES).

واستخدمت الغلافة (K.A.S) فى بناء النظام الخبير (HYDRO) الذى يساعد رجال الجيولوجيا على البحث عن وفرة المياة وكذلك استخدمت فى تطوير وبناء كثير من الغلافات مثل الغلافة (SAVOIR). وبالمثل استخدام النظام الخبير (CASNET) الذى استعمل فى تشخيص ومعالجة المياة الزرقاء (GLAUCOMA) فى تطوير الغلافة (EXPERT) مع استخدام لغة الفورتران فى تنفيذ القواعد، وتم الاستعانة بهذه الغلافة فى بناء النظم الخبيرة / AI) .RHEUM0 , (ELAS)



شكل (٣-١٢)استخدام الأداة فى تصميم نظم خبيرة وغلافات جديدة

ولقد أثبتت هذه النظم ان الاعتماد على القواعد فى تنفيذ النظم والغلافات قد صادفه النجاح بغض النظر عن بعض السلبيات البسيطة.ولقد تم استخدام اللغات المعتمدة على الاطارات (Frame-Based) فى بناء النظم الخبيرة حيث يعتبر النظام الخبير (INTERNIST) أول نظام خبير يجرى تمثيل المعارف على شكل مجموعة من الاطارات المتلاحقة بشكل وصفى، وتم بناء محرك الاستدلال على أساس عمل دورات تتمثل فى وضع الفروض ثم اختبار الحل.

ومن أهم مميزات هذه النظم هى أن المعارف التى يتم إدخالها فى الاطارات ممكن أن تكون مأخوذة من كتاب او مجلة مثلا، وبالمثل تم بناء النظم الخبيرة (PIP),(IDT) وبناءاً على هياكل هذه النظم الخبيرة تم بناء الأدوات المساعدة مثل الغلافة (KMS) ، والتى استخدمت بعد ذلك فى بناء النظام الخبير (STSTEM-D) والذى يتولى تشخيص مرض الدوخان (Dizziness).

ولقد قام رامزى (Ramsey) بعقد المقارنة بين الثلاث نظم الاتية للبناء وهى : النظم المعتمدة على تصنيف بايزان (Bayesian Classification)، النظم المعتمدة على القواعد، والنظم المعتمدة على الاطارات،وذلك من خلال استعراض ١٨ نظاما خبيرا وتوصل الى مايلى :

١- اعتماد كل نظام من هذه النظم على اساس نظرى يفى بمتطلبات إيجاد الحل المطلوب.

٢- صلاحية هذه النظم لبناء النظم يتطلب الاختيار لبديل واحد فقط من البدائل المطروحة.

٣- صلاحية هذه النظم لمجموعة عريضة من المجالات المختلفة.

٤- أن هذه النظم تفى بمتطلبات النظم الخبيرة ذات المعرفة الضحلة (Shallow Knowl-edge) ، ولا تفى بمتطلبات النظم المقفلة (Closed Systems).

٢ - المرحلة الثانية (١٩٨٠ - ١٩٩٥)

والتى بدأت مع بداية الثمانينات من هذا القرن، حيث تم تطوير وظهور بعض اللغات ذات

الطبيعة الخاصة والتى تعرف بلغات المعرفة الهندسية (Knowledge Engineering Lan- guages) حيث استخدمت لغة ليسب (LISP) لخلق وتطوير بيئات تتراوح بين الليسب والغلافات اللازمة لبناء النظم الخبيرة، وبذلك تم تطوير عائلة (OPS) والتى بدأت بظهور (OPS4) ثم (OPS5) وهكذا. ولقد وقع اختيار مصممى النظم الخبيرة (RI) , (XCON) على (OPS5) كأداة لبناء هذه النظم.

وتتميز هذه العائلة باستخدام التسلسل الأمامى وكذلك وجود أداة قوية للمواءمة (Matching Facilities) التى تساعد على حل التضارب تحت مسمى (MEA) , (LEX). بعد ذلك قام المطورون بانتاج (OPS83) التى تختلف فى الاساس عن (OPS5) فى انها تتبع الطرق الاجرائية (Procedural) وتطوير لغة روزى (ROSIE) والتى تعتبر نظام معتمد على القواعد لتوصيف الخبرة المكتسبة (Rule Oriented System for Imple- menting Experties) والتى استخدمت بنجاح فى كثير من النظم الخبيرة العسكرية والساسية مثل نظام اختيار الأهداف التكتيكية للطيران، ومكافحة التطرف الدولى، وفى مجال القانون.

تمثل لغة البرمجة المنطقية البرولوج الشق الثانى الاساسى لبناء النظم الخبيرة والغلافات، حيث تعتبر هذه اللغة أكثر علوا من لغة ليسب، وتتميز بوجود التسلسل الخلفى وتمثيل العلاقات، والتى اتخذت كأساس لانواع اخرى من البرولوج مثل:

(Turbo Prolog) , (Quintus Prolog) , (IF Prolog) , (ALS Prolog) .

ولقد تم ادماج البرولوج والليسب العام (Common LISP) , (POP-II) فى لغة واحدة (WIMP) تستخدم النوافذ والفأرة والمشيرات. ولقد تم استخدام البرولوج كأداة لتطوير حاسبات الجيل الخامس وظهور لغة (KL1) ولغة المعارف (QUIX-OTE) فى المشروع اليابانى (١٩٨٠ - ١٩٩٢). وتمثل بيئة البرمجة الشيئية (Object Oriented) الشق الثالث فى لغات البرمجة الاساسية للنظم الخبيرة، وذلك بتطوير لغة (Smalltalk)، وتم استخدام لغة الليسب لبناء نظم مثل (LOOPS),(FLAVORS). كما تتميز هذه البيئة بانها تحتوى على ارتباط الطريقة والبيانات (Procedures & Data) عن طريق الرسالة (Message) واعتمادها على صفة التوارث التى تستخدم الاطارات فى التمثيل علاوة على سهولة المواءمة مع البيئة المحيطة بالنظام.

(٣-٦) الأدوات المساعدة (ToolKits)

تعتبر الأدوات المساعدة الآتية هى الأدوات التى تستخدم على المستوى التجارى:

١- **الأداة** (Knowledge Engineering Environment (KEE)): تعتبر أداة للبرمجة

فى البيئة الهندسية وهى أقدم الأدوات، ولقد تم تصميمها باستخدام لغة (UNITS) المعتمدة على هيكل بنائى للاطارات والمزودة بامكانية الرسوم الجرافيكية، واعتماد الاستدلال على القواعد والتسلسل الامامى والخلفى، علاوة على استخدام البرمجة فى البيئة الشيئية وادخال الصور والنوافذ المتعددة للشرح وغير ذلك.

٢ - **الأداة** (ART) Automated Reasoning Tool)):تعتبر أداة للاستدلال الآلى، وتعتمد على القواعد باستخدام نموذج السبورة، حيث يتم توصيف المعرفة المعلنة وتعريف العلاقات بينها. ومن أهم صفات هذه الأداة انها تستخدم الاستدلال المتغير النغمة والوتيرة (Non-Monotonic) وتعتبر كذلك سريعة العمل، حيث انه يمكنها تحديد المسار الأمثل.

٣ - **الأداة** (Knowledge Groft): تم تطوير هذه الأداة باستخدام لغة (SRL) والتى تسمح بوجود أكثر من فرض واستخدم في تصميمها لغة (CRL-Prolog) التي تعتمد على القوة الاشتقاقية للبرولوج والقوة التمثيلية للبرمجة الشيئية.تقوم هذه الأداة بتحديد المسار الأمثل للتوارث، واعتماد الاستدلال على قاعدة (CRL-OPS5) التى ادخلت قوة الاستدلال للأداة (OPS5) فى هيكل هذه الأداة، حيث انها تحتوى على فرعين للتشغيل، أحدها للبرولوج والآخر لـ (OPS5).

ويمكن القول بأن التطور للأدوات المساعدة فى التسعينات من هذا القرن قد ساعد علي ظهور أدوات تعتمد على استخدام الاستدلال المعتمد على حل حالات سابقة او خبرة سابقة (CBR)) Case Based Reasoning) وذلك اعتمادا على وجود الحلول لمشكلات سابقة. ومن أهم هذه الأدوات مايلى :

١ - **أداة الاستدلال السهل** (Eclipse 3.1 / The Easy Reasoner): حيث تعتبر أداة معتمدة على وجود الحلول لمشكلات سابقة، ومن أهم صفاتها :أ- تعتمد على طرق التمثيل العلاقى والشيئى.ب- تعدد فجوات الادخال (Slots) فى الطبقة الواحدة.جـ - تحديد الأهداف آليا.د - الربط الديناميكى بين مكتبات الحالات السابقة والمخزونة بالبرنامج.هـ- التحكم والتحاور الذكى من خلال النوافذ.و - يمكن استخدامها فى بيئة (Unix, MS-Windows,DOS)

٢ - **الأداة** (ReCall) تم تصميم هذه الأداة باستخدام النمط التركيبى المفتوح لكى يمكن اضافة حالات الاستدلال السابقة وحلولها، وتعتمد على البرمجة الشيئية فى طرق التوارث المتعدد، وتمثيل العلاقات، وتعدد طرق التحليل الآلى للحالات، والفهرسة.ويمكن ان تستخدم فى بيئات (MS-Windows,Unix,SUN Stations) ويمكن ان تستخدم للتحكم فى الاتصالات.

الفصل الرابع

المجـالات التطبيقية للنظم الخبيـرة

Expert System's Practical Applications

(٤-١)المجالات التطبيقية للنظم الخبيرة

نظرا لأهمية النظم الخبيرة فى المجالات التطبيقية والتى تم تنفيذها وتطويرها في المرحلة الحديثة الممتدة إلى الآن فلقد تم وضع معظم هذه النظم فى قاعدة بيانات مفهرسة طبقا للحروف الأبجدية تحتوي على ما يقرب من (١٢٤) من هذه النظم الخبيرة وموضحا بها مجال إستخدام كل منها والغرض الذى تم تصميمها من أجله.

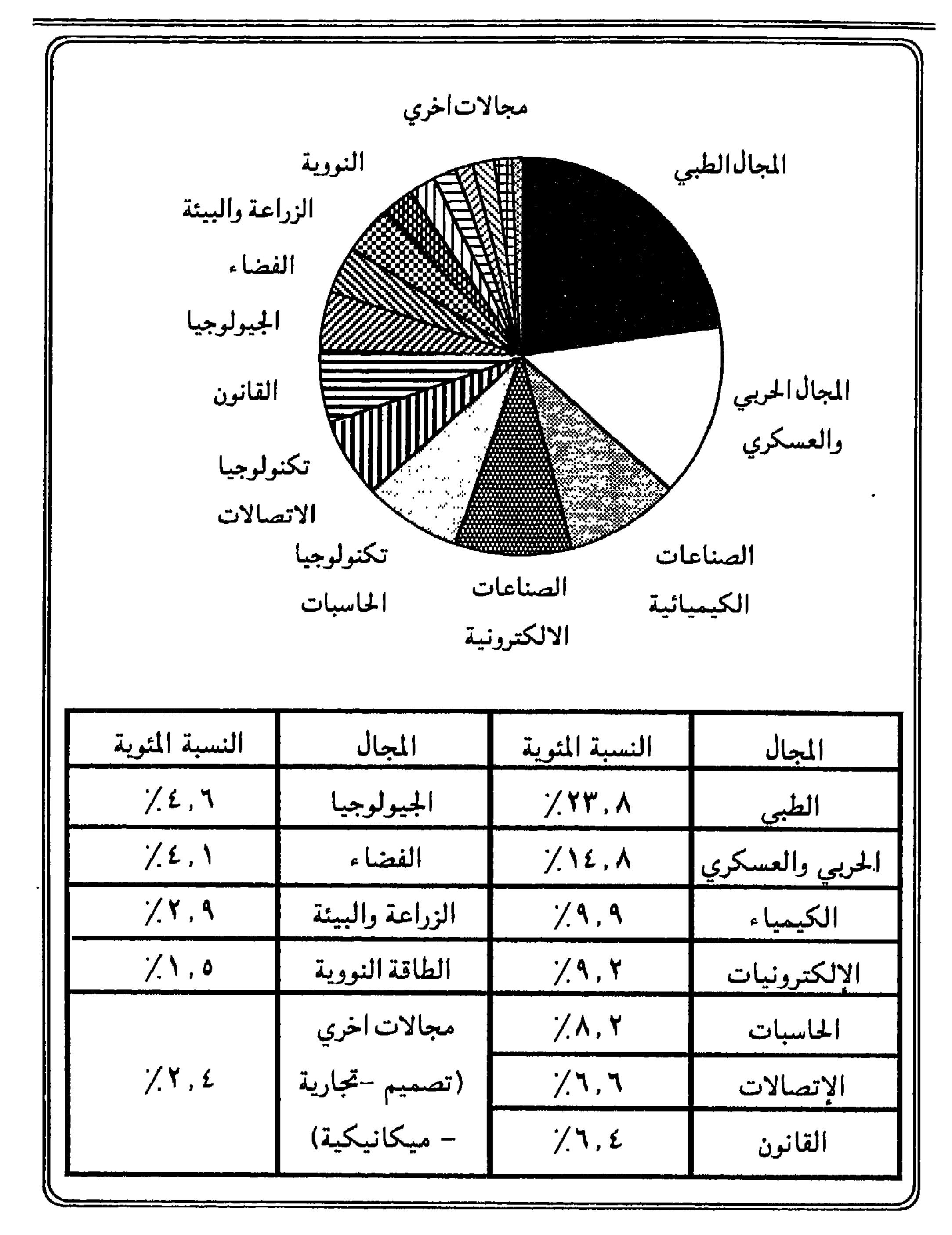
ويبين شكل (٤-١) التمثيل الكروي والنسبة المئوية لمجال الاستخدام حيث يحتل المجال الطبي المركز الأول بنسبة ٢٣٪ وذلك في مجال التشخيص للأمراض مثل الأمراض الناتجة عن إختلال نسبة الحموضة فى الدم، وتحليل كفاءة الجهاز البولى والكليتين، والامراض الروماتزمية، وأمراض الشريان التاجي، والامراض النفسية، وامراض القلب العامة، واضرابات الصدر، وغير ذلك من الامراض المختلفة.

ثم يليه المجال الحربي والعسكري بنسبة ١٤.٨٪ مثل التعرف علي الاهداف الحيوية من الصور الجوية والرادارية، وتنظيم عمليات الاقلاع والهبوط للطيران العسكري، وتقدير الموقف بأرض المعركة، والسيطرة الآلية، والرصد، والتصنت، وغير ذلك.

ثم يلي ذلك مجالات التصنيع الكيميائي مثل بناء المركبات الكميائية المعقدة، وتحليل المركبات الجزيئية، وتحديد التركيب البنائي بناءاً علي التحليل الطيفي، وحفظ واقتراح بناء المركبات الحيوية الشديدة التعقيد، والكيمياء الصناعية، وغير ذلك.

ثم يلي ذلك مجالات الإلكترونيات، والحاسبات، والإتصالات، والقانون، والجيولوجيا ، والفضاء، والزراعة والبيئة، ثم مجالات الطاقة النووية، والتصميم ،والتجارة، والميكانيكاوخصوصاً تكنولوجيا الانسان الآلي.

وتبين قاعدة البيانات(٤-٢)القائمة التطبيقية لبيانات النظم الخبيرة.



المجال	النسبة المئوية	المجال	النسبة المئوية
الطبي	٢٣,٨٪	الجيولوجيا	٤,٦٪
الحربي والعسكري	١٤,٨٪	الفضاء	٤,١٪
الكيمياء	٩,٩٪	الزراعة والبيئة	٢,٩٪
الإلكترونيات	٩,٢٪	الطاقة النووية	١,٥٪
الحاسبات	٨,٢٪	مجالات اخري (تصميم -تجارية - ميكانيكية)	٢,٤٪
الإتصالات	٦,٦٪		
القانون	٦,٤٪		

شكل (٤-١) التمثيل الكروى لمجالات الإستخدام التطبيقية والنسبة المئوية للنظم الخبيرة

(٤-٢) قائمة النظم الخبيرة (Expert Systems List)

الإستـخـدام	المجال	النظام الخبير
A		
تشخيص الأمراض الناتجة عن إختلال نسبة الحموضة فى الدم	الطبى	ABEL
تحديد أماكن الأعطال فى الشبكات التليفونية والكوابل.	الإتصالات	ACES
تقدير وتقييم الموقف العسكرى الحربى بأرض المعركة.	الحربى	ADEPT
تشخيص الأمراض الناتجة عن تجلط الدم.	الطبى	AI-COAG
تحليل كفاءة الجهاز البولى والكليتين.	الطبى	AI-MM
دراسة اقتصاديات السوق وتحويل البيانات الى نصائح تسويقية.	التجارى	AIQ Market
تشخيص الأمراض الروماتزمية والانسجة الضامة.	الطبى	AI-RHEUM
التعرف على نوع الطائرات الحربية من المعلومات البصرية.	الحربى	AIRID
تنظيم عمليات الإقلاع والهبوط للطائرات.	الحربى	AIRPLAN
تحديد الأعطال وصيانة شبكة التليفونات TXE4A.	الإتصالات	AMF
تقدير وتقييم العمليات الحربية المباشرة بأرض المعركة.	الحربى	ANALYST
تشخيص أمراض الشريان التاجى .	الطبى	ANGY
تحديد أنواع وطرازات الرادرات المعادية.	الحربى	ASTA
B		
العناية بالأطفال حديثى الولادة بالعناية المركزة.	الطبى	BABY
إدارة النيران والمعاونة الجوية لمشاة البحرية الامريكية.	الحربى	BATTLE
تحديد الدوائر الإلكترونية المعطوبة بشبكات الإتصالات.	الإتصالات	BDS
تشخيص الأمراض النفسية وإقتراح العلاج .	الطبى	BLUE BOX
C		
تحديد التركيب الكيمائى لبعض المركبات العضوية المعزولة.	الكيمياء	C-13

CADHELP	إلكترونيات	تصميم الدوائر الإلكترونية الرقمية بإستخدام الحاسب.
CATE	الإتصالات	رفع كفاءة وتحسين أسلوب الاداء لشبكات التليفونات.
CLONER	الكيمياء	تخليق مركبات كيميائية حيوية جديدة.
CLOT	الطبى	تشخيص النزيف الناتج من تجلط الدم فى الاوعية.
CO-HLEX	إلكترونيات	نظام تصميم الدوائر المتوازية والمتكررة (اليابان ١٩٩٢).
CO-LODEX	إلكترونيات	تصميم الدوائر المنطقية عالية الكثافة (اليابان ١٩٩٢).
CONGEN	الكيمياء	تحديد التركيب البنائى بناءاً على التحليل الطيفى.
CONPHYDE	الكيمياء	إختيار أنسب الخواص الكيميائية الفزيائية للمواد السائلة.
CRIB	الحاسبات	تحديد الأعطال بالحاسبات وإزالتها.
CRITTER	إلكترونيات	تصميم الدوائر الإلكترونية الرقمية عالية الكثافة (VLSI) .
CRYSALIS	الكيمياء	إستنتاج التركيب الثلاثى الأبعاد للبروتينات.
		D
DART	الحربى	إختيار أنسب نظم القيادة والسيطرة الآلية.
DELTA	الميكانيكا	تحديد الأعطال فى ماكينات الديزل وإقتراح طرق الاصلاح.
DENDRAL	الكيمياء	نظام خبرة فى الكيمياء العضوية ومطياف الكتلة.
DESIGNNET	الإتصالات	تصميم شبكات تراسل البيانات.
DIAGNOSE	الطبى	تشخيص أمراض القلب.
DIPMETER ADV	الجيولوجيا	تحليل البيانات الجيوفزيائية عند حفر الأبار.
DRILLING ADV	الجيولوجيا	تشخيص وتحليل مشاكل حفر الآبار البترولية .
DSCAS	القانون	الإجراءات القانونية لبنود العقود الانشائية.
		E
ECESIS	الفضاء	التحكم الأوتوماتيكى لقيادة سفن الفضاء.
ELAS	الجيولوجيا	التحليل الجيولوجى لبيانات الآبار بهدف تقييم عملية الحفر.

EMERGE	الطبى	تحليل إضطرابات الصدر في الإستقبال بالمستشفيات.
ENS	إلكترونيات	تصميم وإختيار الدوائر الإلكترونية الرقمية.
EPES	الحربى	الكشف وتحديد حالات الطوارئ بالمقاتلات ف١٦ .
EURISKO	الإتصالات	إختيار وتحديد أنسب التصميمات للشبكات التليفونية.
EXAMINER	الطبى	نظام طبى لإختبار الاطباء وتحديد الكفاءة.
EXPERT NAVI	الحربى	إدارة النظام الملاحى للطائرات الامريكية التكتيكية.
	F	
FAITH	الفضاء	تشخيص الأعطال فى سفن الفضاء.
FOREST	إلكترونيات	الكشف عن الأعطال بالاجهزة الإلكترونية بإستخدام الخبرة المعملية
	G	
GAMMA	الفيزياء	تفسير أطياف الأشعة النووية (جاما) و تحديد التركيب.
GDCC	الميكانيكا	تصميم الحركة الميكانيكية للانسان الآلى (اليابان ١٩٩٣).
GENESIS	الوراثة	تصميم نظم للتطبيقات في الهندسة الوراثية.
GUIDON	الطبى	تصميم تعليمى لإختبار العلاج للمرضى بالبكتريا المعدية.
	H	
HANNIBAL	الحربى	الرصد والتصنت للأتصالات المعادية.
HASP-SIAP	الحربى	تحديد أعماق المحيطات.
HEADMED	الطبى	تشخيص الأمراض النفسية وإقتراح العلاج.
HELIX-II	القانون	إقتراح الخطوات والبنود القانونية (اليابان ١٩٩٢).
HYDRO	الجيولوجيا	تنظيم وتحليل متطلبات إنتاج وإستخدام المياه.
	I	
I AND W	الحربى	تحليل الأوضاع السياسية والعسكرية والتنبؤ.
IMACS	الإنتاج	إقتراح الخطط التفصيلية لانتاج النظم للحاسبات.

ISIS	الإنتاج	تنظيم وإقتراح الإنتاج فى المصانع.
		J
JUDITH	قانون	تحليل القضايا وتحديد الإسنادات القانونية.
		K
KAPPA-P	حاسب	تصميم قواعد البيانات المختلفة (معا رف).
KAT	الإتصالات	تحليل وتخطيط الشبكات التليفونية.
KNEECAP	الفضاء	إختيار خطة برامج مكوك الفضاء وتحديد الزمن اللازم.
KNOBS	حربى	التخطيط لمهام مراكز القيادة الجوية وتحديد الأولويات.
		L
LDS	قانون	تحديد المسؤلية القانونية فى الإنتاج الصناعى.
LES	الفضاء	التحكم فى إمداد الاكسجين السائل بمركز كيندى للفضاء.
LITHO	جيولوجيا	تحديد الخصائص البيئية للصخور.
LRS	قانون	تحديد التشريعات القانونية عند التعامل بالشيكات.
		M
MACSYMA	رياضيات	المعالجة الرياضية الرمزية.
MDX	طبى	تشخيص وإقتراح علاج الأمراض الكبدية المزمنة.
MECHO	الفيزياء	دراسة النظم الميكانيكية مثل الشد والقصور الذاتى.
MECS/AI	الطبى	تشخيص أمراض الأوعية الدموية للقلب.
MEND. ZONE	الحاسبات	البرمجة الأوتوماتيكية للمعرفة (اليابان ١٩٩٢).
MEOMYCIN	الطبى	تشخيص أمراض الالتهاب السحائى.
MES	الحربى	تحديد الأعطال واصلاحها بالطائرات الحربية (تعليمى).
MGTP	الحاسبات	النمذجة واثبات النظريات المختلفة (اليابان ١٩٩٢).
MI	الطبى	تشخيص أمراض الذبحة الصدرية.

MIXER	الحاسبات	المساعدة فى إنتاج الشرائح السليكونية عالية التكامل.
MODIS	الطبى	تشخيص أمراض ضغط الدم الشريانى الزائد.
MOLGEN	الوراثة	إقتراح وبناء مركبات بالهندسة الوراثية.
MUD	الزراعة	إستخدام السوائل للحفر والمحافظة على سيولتها.
MYCIN	الطبى	تشخيص أمراض تلوث الدم بالبكتريا وإقتراح العلاج.
		N
NAVEX	الفضاء	المراقبة الرادارية لسفن الفضاء.
NET-ADVISOR	الإتصالات	تشخيص وكشف وتحديد الأعطال بالشبكات.
NEUREX	الطبى	تشخيص أمراض الجهاز العصبى وإقتراح العلاج.
NPPC	النووية	تحديد الظواهر الغير مألوفة بالمحطات النووية.
		O
OCSS	الكيمياء	تحليل التركيب الجزيئى بناءا" على التركيب المقدم للمادة.
ONCOCIN	الطبى	تنظيم العلاج الكيميائى لمرضى السرطان.
		P
PALLADIO	إلكترونيات	التصميم الثلاثى الأبعاد للأجهزة الإلكترونية.
PATHFINDER	الطبى	تفسير وفحص أنسجة الغدد الليمفاوية.
PEACE	إلكترونيات	تصميم الدوائر الإلكترونية المتكاملة المنطقية الرقمية.
PEC	الطبى	تشخيص أمراض العيون والتوصية بالعلاج.
PLANT-CD	الزراعى	تشخيص وتحديد التلفيات بينبات الذرة.
PLANT-DS	الزراعى	تشخيص وتحديد أمراض نبات فول الصويا.
POMME	زراعى	تقديم الارشادات اللازمة لإنتاج التفاح.
PROSPECTOR	الجيولوجيا	كشف المعادن والخامات وتحديد طرق البحث.
PTRANS	الحاسبات	إختبار وإنتاج نظم للحاسبات توائم طلب العملاء.

PUFF	الطبى	تشخيص أمراض الرئة وتحديد علاجها.
	R	
REACTOR	النووية	تشخيص الأعطال والكشف عن الحوادث بالمفاعلات.
REDESIGN	إلكترونيات	تعديل التصميم للدوائر الإلكترونية بناءا" على المتغيرات.
RODIN	الحاسب	نظم التوليف للدوائر عالية المستوى.
RTC	الحربى	التعرف على السفن الحربية من الصور الرادارية.
	S	
SACON	الهندسى	تحديد الخواص الميكانيكية للمواد عند تعرضها للإجهاد.
SADD	إلكترونيات	تصميم الدوائر الرقمية بناءاً على متطلبات الإستخدام.
SAL	القانون	تقييم الادعاءات عن التعويضات فى القضايا.
SARA	القانون	المساعدة فى تحليل القضايا المعروضة.
SCENARIO	الحربى	نمذجة التصرفات السياسية لدول العالم الثالث حيال الأزمات .
SECS	الكيمياء	حفظ وإقتراح بناء المركبات الحيوية المعقدة.
SOPHIE	إلكترونيات	تقنيات كشف الأعطال الإلكترونية (تعليمى).
SPAM	الحربى	التعرف على الأهداف الحيوية من الصور الجوية.
SPE	الطبى	تحديد أمراض الكبد والتفرقة بين السرطانات والتليف.
SPERIL-I	الهندسى	توقعات للخسائر بالمباني عند حدوث الزلازل.
SPERIL-II	الهندسى	تحديد وحساب درجة الأمان فى المنشآت عند حدوث الزلازل.
SPEX	الكيمياء	تخطيط التجارب المعملية الكيميائية.
STEAMER	ميكانيكا	تشغيل المحطات ذات الرفع البخارى (تعليمى).
SYNCHEM	الكيمياء	تحديد التركيب الجزئيى للمركبات العضوية.
SYNCHEM2	الكيمياء	التخليق المستقل للمركبات العضوية.
SYSTEMED	الطبى	تشخيص وتحديد أسباب الدوار.

T		
TALIB	التخطيط	يقوم بإقتراح الخطط عند تصميم الدوائر الإلكترونية.
TATR	الحربى	نظام إختيار الأهداف المعادية المناسبة للقوات الجوية.
TAXADVISOR	القانون	تحديد و إقتراح التسوية لمشاكل الضرائب.
TIMM-TYNER	الحاسبات	ضبط وتنظيم العمل والأداء في حاسبات VAX
TQMSTUNE	الكيمياء	تحليل وتفسير بيانات مقياس الكتلة.
V		
VM	الطبى	ملاحظة المرضى فى العناية المركزة بعد العمليات الجراحية.
X		
XCON	الحاسب	التصميم للحاسبات الإلكترونية بناءا" على المتطلبات.
YES/MVS	الحاسب	المراقبة والتحكم فى نظام التشغيل MVS.

الفصل الخامس

حاسبـــات
الجيـل الخامـس

Fifth Generation
Computer Systems

(٥-٢) نظم الحاسبات (Computer Systems)

تعتبر نظم الحاسبات من أهم الأجزاء الحيوية فى علوم الحاسبات والتى تجسد العملية الحسابية وتحولها الى واقع، ومن المعروف أن نظام الحاسب يتكون من :

١ - المكونات المادية (Hardware) والتي تشمل المعالجات (Processors) والذاكرة (Memories) والاجزاء المكملة (Peripherals) وشبكات التوصيل وغير ذلك من المكونات المادية.

٢ - المكونات اللينة (Software) والتي تشمل نظم التشغيل والمفسرات وبروتوكولات الاتصال والبرامج التطبيقية.

من المعروف كذلك أن معظم الحاسبات التي تنتج اليوم يتم بناؤها علي أساس معمارية فون نيومان ذات الاغراض العامة للاستخدام والتي تعني انه طبقا للبرنامج المستخدم يمكن ايجاد الحل للمشكلة او التطبيق المطروح والذي يتغير من تطبيق الى الآخر. ويشرح هذا الجزء من الكتاب المتطلبات اللازمة لتصميم نظم للحاسبات تفى بأغراض برامج الذكاء الاصطناعى بشكل عام، ومن المعروف ان برامج الذكاء الاصطناعى تشتمل على مايلى:

١- المعارف والتي تحتوي علي الكيانات والاشياء ومجالاتها الخاصة بالمشكلة قيد الحل وخواص هذه المجالات والعلاقات بينهما .

٢- آليات العمل علي هذه المعارف بعد وضعها في الشبكات الدلالية مثل التحليل والمواءمة للبصمات والتورث للصفات وماشابه ذلك.

ان معظم الحاسبات التى تنتج حاليا تعتمد على معمارية فون نيومان ذات الصبغة العامة والتى تعنى انه يمكن برمجتها لتقوم بوضع الحل لتطبيقات مختلفة مثل التطبيقات التجارية والعلمية والصناعية وحتي برامج الذكاء الاصطناعي نفسها مع عدم مناسبته لذلك .ونظرا لاعتماد هذه المعمارية علي المعالج والذاكرة حيث يقوم المعالج بالبحث عن الامر المراد تنفيذه من خلال الذاكرة ويجري توصيف هذا الامر بربطه بمكان معين معرف بالذاكرة مثال ذلك عملية الجمع فان المعالج يقوم بجمع الارقام الثنائية المخزونة بمكانين معرفين بالذاكرة ويقوم بخزن ناتج الجمع في مكان معرف ثالث. ومن هذا المنطلق يصبح تنفيذ برامج الذكاء الاصطناعي علي هذه الحاسبات فى احتياج الى:

١ - زمن تنفيذ كبير نسبياً وذلك لقيام المعالج بتخطيط المعارف المدخلة بالذاكرة ذات الطبيعة الخطية ومحاكات آليات العمل في شكل منطقي قابل للتنفيذ .

٢ - زيادة التكلفة حيث ان تنفيذ ادوات البرنامج مثل المترجمات ونظم التشغيل للقيام بالعمل علي تخطيط ومحاكاة وتنفيذ المعارف وآلياتها تصبح مرتفعة الثمن.

وفيمايلى اهم الاسباب التى تجعل معمارية فون نيومان غير مناسبة لتنفيذ برامج الذكاء الاصطناعى وهى:

١ - يعتبر عامل السرعة لهذه الحاسبات غير مجد وغير مناسب وذلك لان زيادة السرعة تعتمد علي زيادة سرعة إجراء العمليات الحسابية علي ارقام ذات نقطة عائمة واحدة بدقة غير مطلوبة عند تنفيذ برامج الذكاء الاصطناعي حيث تعتمد تراكيب البيانات علي القوائم والرسوم البيانية التي يجري تمثيلها رمزيا ورقميا والتي تحتاج الي المقارنة السريعة والموائمة للبصمات المختلفة .

٢ - تحتاج نظم الذكاء الاصطناعي عند تنفيذها الي المعالجة المتوازية حيث يجري تفتيت العمليات الي اجزاء يتم معالجتها علي التوازي ونظرا لقلة وجود هذه التقنية في نظام فون نيومان فان تنفيذ هذه النظم يصبح عقيما ، ولقد جرت محاولات كثيرة لتطويع معمارية فون نيومان لتعمل في شكل متواز مثل استخدام تقنية الانابيب او تصنيع معالجات متوازية لكل منها ذاكرة صغيرة بحيث ان تكون كمية السيلكون اقل مايمكن ليبقي الثمن معقولا .

(٥-٢)نظم الحاسبات المعتمدة علي الذكاء الاصطناعي

(AI- Based Computer Systems)

تعتمد نظم هذه الحاسبات علي مكونات مادية مناسبة لطبيعة برامج الذكاء الاصطناعي والتي تعمل اساسا بشكل متواز وبذلك تصبح البرامج اللينة بسيطة للغاية اما المكونات المادية المناسبة هى التى تقوم بمعظم التنفيذ للبرامج ويمكن القول بأن هذه النظم سوف تفقد عمومية التشغيل للبرامج الاخرى الغير معتمدة على تقنيات الذكاء الاصطناعى.ومن هذه النظم :

١ - حاسبات لغة الليسب الرمزى ٣٦٠٠ (Symbolic 3600 Lisp Machine)

٢ - حاسبات الترابط (Connection Machine) والتى تعمل على أساس تمثيل المعلومات.

٣ - حاسبات الجيل الخامس والتى خرجت الى حيز التنفيذ فى الفترة من (٨١ - ١٩٩٢) من خلال مشروع الجيل الخامس اليابانى.

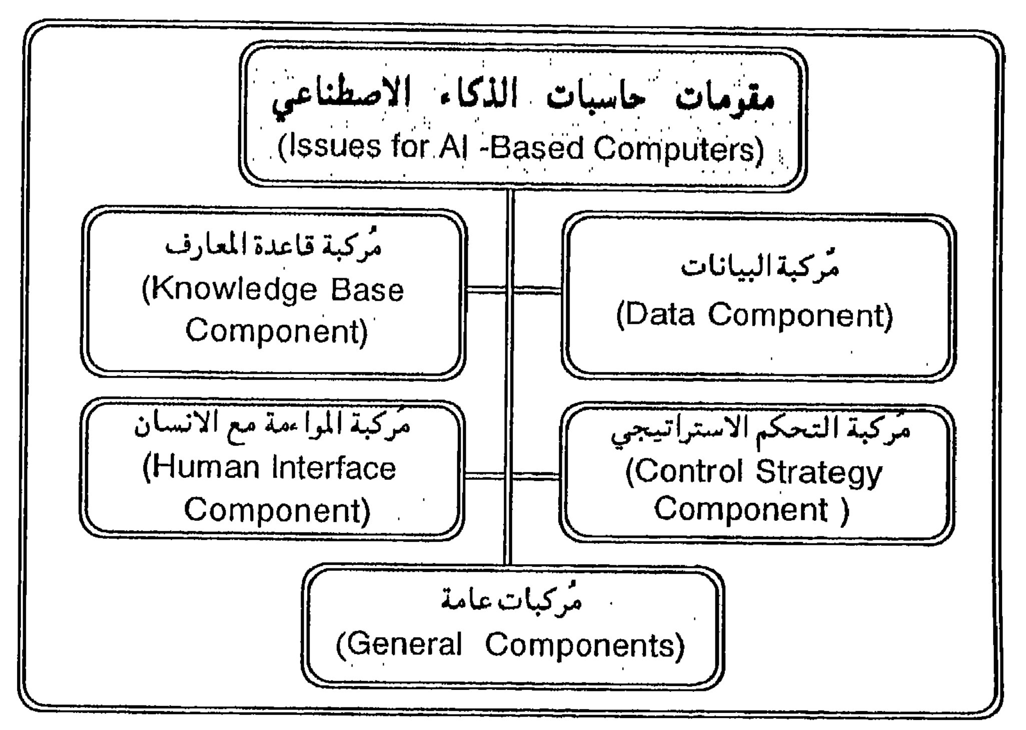
(٥-٢-١)مقومات الحاسبات المعتمدة على الذكاء الاصطناعى
(Issues for AI- Based Computer Systems)

تشتمل نظم الحاسبات العادية على ثلاثة مُركبات هى البيانات والتحكم والمواءمة مع المستخدم، بينما تشتمل مقومات حاسبات الذكاء الاصطناعى كما فى شكل (٥-١):

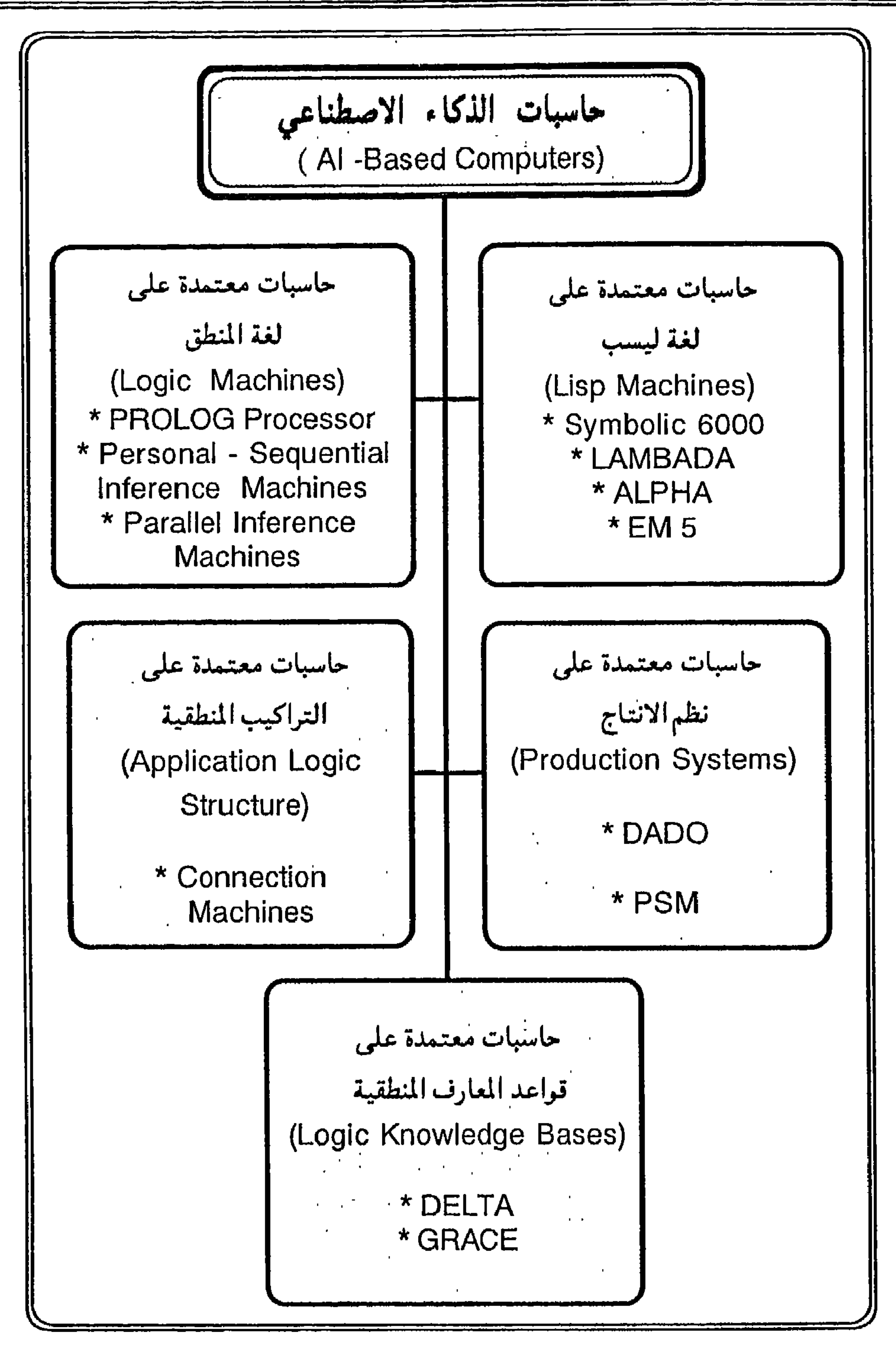
١ - مُركبة البيانات (Data Component) نظرا للطبيعة الاعلانية للبيانات واستخدام الطرق الرمزية والشبكات الدلالية والاطارات والمنطق الاحادي لتمثيل هذه البيانات فانه يلزم استخدام مكونات مادية مناسبة للقيام بدعم هذا التمثيل.

٢ - مُركبة قاعدة المعارف (Knowledge Base Component) ونظرا لاعتماد آليات الذكاء الاصطناعى على عمليات مواءمة ومضاهات للبصمات والتوحيد والتحليل وتتبع خواص التورث فانه يلزم ان يصاحب ذلك جزء مصنع من المكونات المادية لدعم مثل هذه العمليات فى معالجة قواعد المعارف.

٣ - مُركبة التحكم الاستراتيجى (Control Strategy Component) والتى غالبا ما تستخدم بعض تقنيات التحكم مثل طرق البحث الفراغي وتقنية نشر الشروط والقيود وتقنية اختصار المشكلة والتي غالبا ما تتم معالجتها علي التوازي وبذلك نصل الي نتيجة



شكل (٥-١)مقومات نظم حاسبات الذكاء الاصطناعى



شكل (٥-٢) حاسبات نظم الذكاء الاصطناعى

اساسية لتكون عملية المعالجة على التوازى من خصائص المكونات المادية لهذه الحاسبات.

٤ - مُركبة المواءمة مع الانسان (Human Interface Component) والتي تشتمل علي نظم ادارة الذاكرة ونظم ادارة التخزين وطرق تنظيم وجدولة عمل المعالج ويبين شكل (٥-٢) بعض نظم حاسبات الذكاء الاصطناعي والتى تنقسم الى :

١ - حاسبات معتمدة على لغة اللسب.

٢ - حاسبات معتمدة على لغة المنطق.

٣ - حاسبات معتمدة على نظم الانتاج.

٤ - حاسبات معتمدة على التراكيب المنطقية.

٥ - حاسبات معتمدة على قواعد المعرفة المنطقية.

(٥-٣)حاسبات الجيل الخامس (المشروع اليابانى)

(Fifth Generation Computer Systems)

يعتبر المشروع اليابانى لإنتاج الجيل الخامس للحاسبات فى الفترة من (١٩٨١-١٩٩٢) أهم الانجازات التى ساهمت فى دفع عجلة التقدم فى مجال الذكاء الإصطناعى، ولقد بدأ المشروع عام ١٩٨١ بخطة قومية طموحة لإنتاج حاسبات الجيل الخامس والقادرة على محاكاة الإنسان فى المعالجة الرمزية (Symbolic Processing) والتى دعت الصحافة الالمانية إلى القول بان المشروع اليابانى يمثل الخطة الطموحة لإنتاج الآلات الحاسبة المفكرة (Thinking Machines) ولقد اشترك فى هذا المشروع ١٨٤ باحثاً يابانياً تم اختيارهم من ١٩ مؤسسة يابانية للأبحاث العلمية، كما ساهم ٧٥ باحثاً من ١٢ دولة أخرى لمدد قصيرة ومتوسطة تتراوح بين أقل من شهر وأكثر من سنة، وتم نشر أكثر من ٢٠٠٠ نشرة علمية وفى يونيو عام ١٩٩٢ تم الاعلان عن نتائج المشروع فى مؤتمر حاسبات المستقبل(FGCS) الذى عقد باليابان والذى تم فيه تقييم المشروع عالميا.

(٥-٣-١) الخطة الأساسية للمشروع

تم الاعلان فى عام ١٩٨١ عن الخطة الأساسية للمشروع والتى تتلخص فى بناء جيل من الحاسبات يشتمل على نظم وبرمجيات ولغات تكون قادرة على مايلى :

١ - الترجمة الآلية الأوتوماتيكية الفورية(Automatic Translation) بين العديد من اللغات والتى سوف تؤدي الي زيادة التفاهم بين الشعوب .

٢ - **بناء نظم المعالجة للمعلومات المعتمدة على المعارف** (Knowledge Information Processing Systems)

٣ - **زيادة إمكانيات وأساليب الذكاء الإصطناعى وتسهيل استخدامها من قبل** الإنسان كى تساعده على حل مشاكل التحدث (Speech) والصوت (Voice) والرسوم الجرافيكية (Graphics) والصور(Images) والوثائق (Documents) وذلك باستخدام اللغات الطبيعية الحية (Natural Languages) المستخدمة يومياً فى البلدان المختلفة، والقدرة على التعلم (Learning) والإستدلال(Reasoning) .

٤ - **تسهيل وسائل إنتاج البرمجيات** الملائمة للمعالجة والبرمجة الآلية الأوتوماتيكية (Automatic Programming) وتطويع البرامج الحالية للاستخدام المستقبلى المناسب للنظم الجديدة وخلق البيئة المناسبة لازدهار وتطور صناعة البرمجيات.

٥ - **خفض التكاليف الإقتصادية وتحسين الأداء** عند تطوير التقنيات الاتية :

أ - تقنيات بناء الدوائر الإلكترونية ذات الحجم التكاملى الكبير(VLSI) .

ب - تقنيات المعالجة المتوازية (Parallel Processing) وتقنيات الإتصالات (Communication).

جـ - تقنيات صناعة البرمجيات (Software Industry) .

د - تقنيات وسائل الذكاء الإصطناعى لبناء حاسبات خفيفة الوزن وعالية السرعة وذات قدرة تخزينية عالية وذلك لتجابه التطور فى النواحى المدنية والعسكرية.

يمكن القول بأن أهداف المشروع هى الوصول إلى حاسبات تكون قادرة على الاجابة الأوتوماتيكية على الاسئلة التى توجه إليها (Question Answering) والقادرة على الترجمة الأوتوماتيكية (Automatic Translation) والفهم للحديث والصور وذلك بتطوير نظم معالجة المعارف (Knowledge Information Processing) وبناء حاسبات مستقبلية تعتمد على معماريات (Architecture) مختلفة عن معمارية (فون - نيومان) والتى يمكن أن تعتمد على تقنيات مثل تقنيات تدفق البيانات (Data-flow) والتى تسمح بتنفيذ أساليب البرمجة الدالية المنطقية لباكوس،حيث يصبح توصيف المشكلة والحل لها متماثلين (Backus`s functional Programming).. ولقد تم تطوير إتجاهات البحث فى الأربعة مجالات الآتية :

١ - مجال اللغات الطبيعية وخصوصاً اللغة اليابانية وتشمل التركيب والتفهم ونماذج المحادثات.

٢ - مجال تمثيل المعلومات والإستدلال والعلاقة بين قواعد البيانات والمنطق ومشاكل التغلب على الأحجام الكبيرة للمعارف وطبيعتها المعقدة ومحاولة تطوير المنطق للتغلب على ذلك.

٣ - مجال هندسة البرمجيات والتى تشمل وضع المواصفات للبرامج وأساليب التحقق ومشاكل التحويل بين البرامج المختلفة.

٤ - مجال معمارية الحاسبات والبحث عن معمارية جديدة لتطوير حاسبات تدفق البيانات وحاسبات تعمل على أسس (جبرية - علاقية) والخوارزميات اللازمة للمعالجة المتوازية.

(٥-٤) نتائج مشروع الجيل الخامس

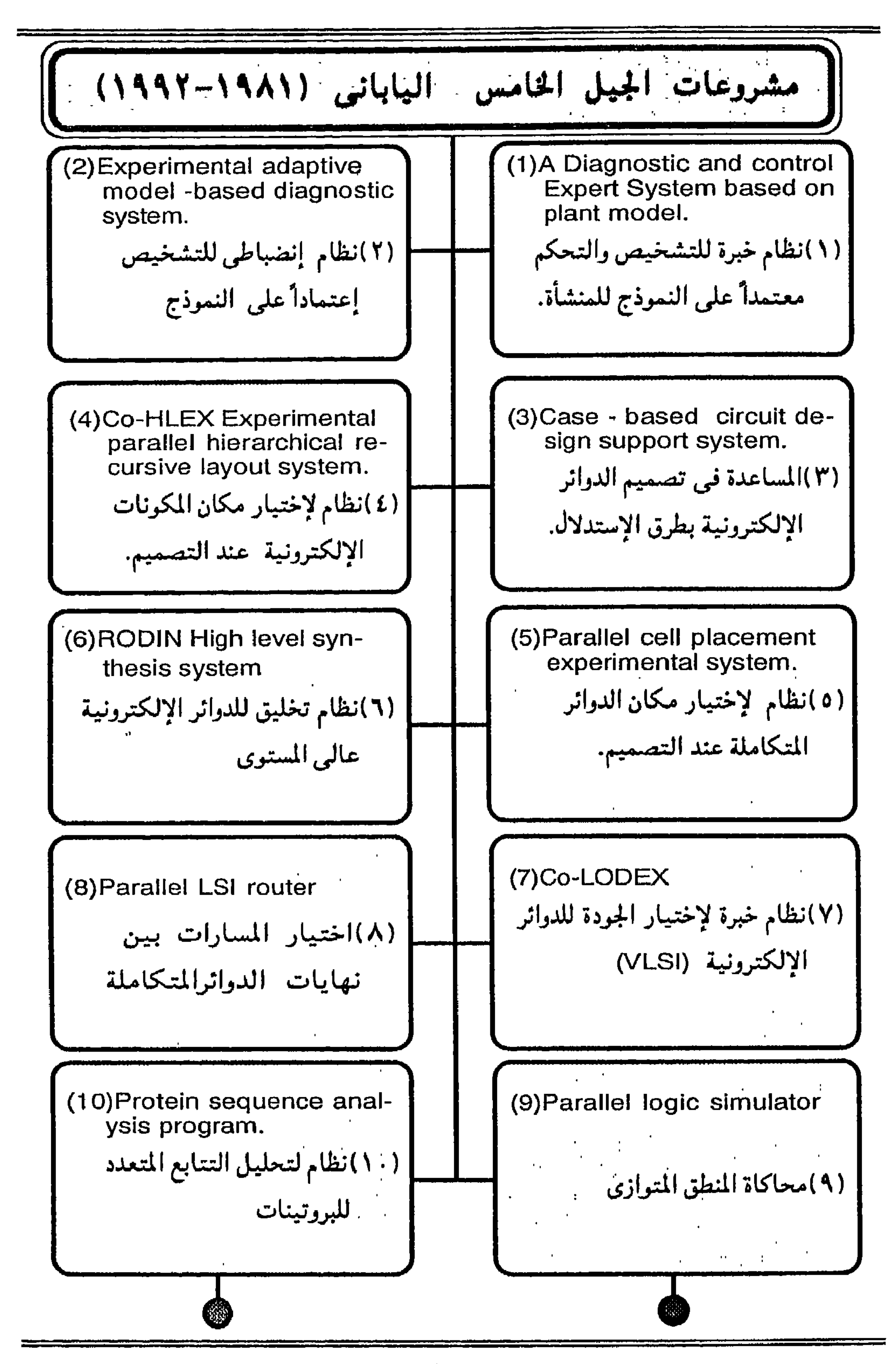
(٥-٤-١) المشروعات اليابانية (١٩٨١-١٩٩٢)

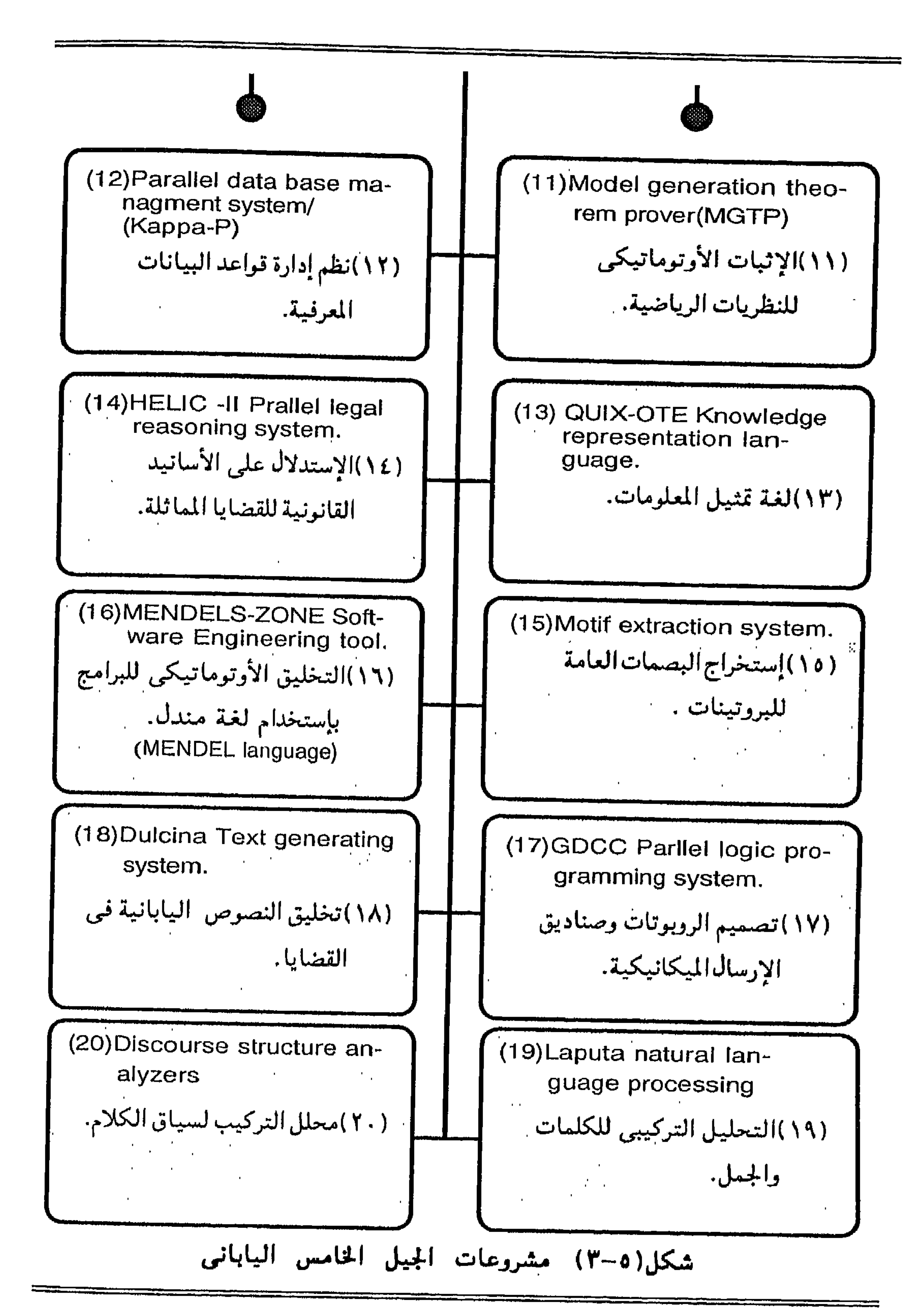
بلغ عدد المشروعات التى تم الاعلان عنها ٢٠ مشروعاً، والمبينة فى شكل (٥-٣) والتى غطت كثيراً من مشروع الخطة المستهدفة من قبل عام (١٩٨١) والتى شملت نظماً خبيرة تعمل فى مجال التشخيص والتحكم إعتماداً على النماذج المدخلة، وكذلك استحداث نظماً للمساعدة فى إنتاج وتخليق الدوائر والمكونات الإلكترونية عالية التكامل، ومحاكاة المنطق المتوازى، والدخول فى مجال الميكروبيولوجى لتحليل البروتينات، حيث يتطلب ذلك استخدام المنطق المتوازى والحاسبات المتوازية المتطورة فى التحليل.

كذلك الإثبات الأوتوماتيكى للنظريات المرمزة ولغات تمثيل المعارف ومجال اللغات الطبيعية حيث تم تخليق النصوص اليابانية فى القانون والتحليل التركيبى للكلمات والجمل، وايجاد العلاقات المنطقية بين الجمل اليابانية المختلفة، وتصميم الروبوتات، وصناديق الارسال الأوتوماتيكية. وقد أثبتت هذه المشروعات نجاح المشروع، وتم استخدام لغة (Kernel Lan-guage 1) والمعتمدة على البرولوج كلغة أساسية.

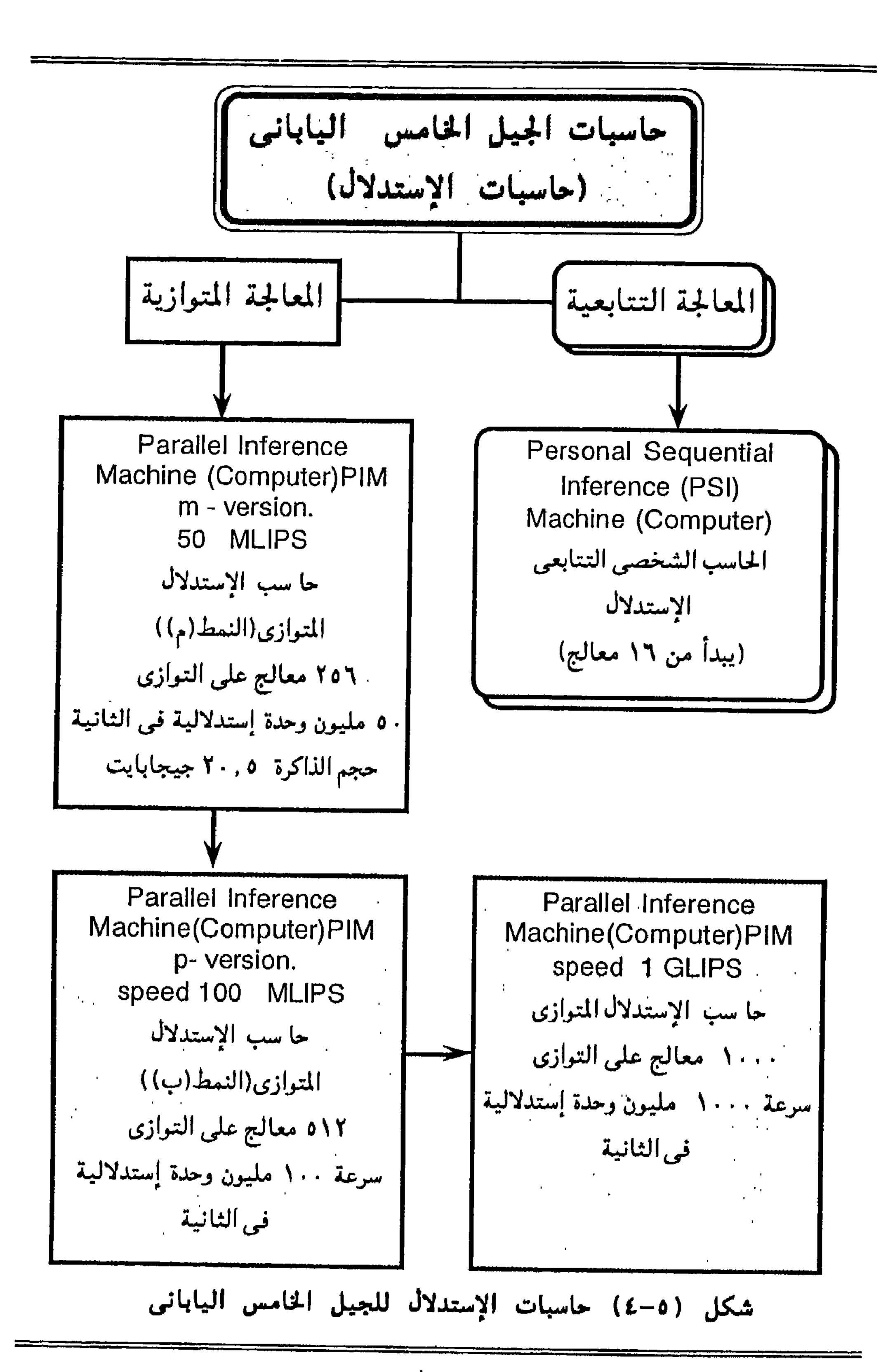
(٥-٤-٢) حاسبات الإستدلال المتوازية

تم الاعلان عن حاسبات الجيل الخامس والتى تعمل باستخدام المعالجات المتوازية وذلك للوصول إلى سرعات تصل إلى ١٠٠ مليون وحدة إستدلال فى الثانية وذلك فى حالة استخدام (٥١٢) معالجا و(١٠٠٠) مليون وحدة إستدلال فى الثانية فى حالة استخدام ١٠٠٠ معالج على التوازى كما هو موضح فى شكل (٥-٤).


مشروعات الجيل الخامس الياباني (١٩٨١-١٩٩٢)
(1)A Diagnostic and control Expert System based on plant model.
(١)نظام خبرة للتشخيص والتحكم معتمداً على النموذج للمنشأة.
(2)Experimental adaptive model -based diagnostic system.
(٢)نظام إنضباطي للتشخيص إعتماداً على النموذج
(3)Case - based circuit design support system.
(٣)المساعدة في تصميم الدوائر الإلكترونية بطرق الإستدلال.
(4)Co-HLEX Experimental parallel hierarchical recursive layout system.
(٤)نظام لإختيار مكان المكونات الإلكترونية عند التصميم.
(5)Parallel cell placement experimental system.
(٥)نظام لإختيار مكان الدوائر المتكاملة عند التصميم.
(6)RODIN High level synthesis system
(٦)نظام تخليق للدوائر الإلكترونية عالي المستوى
(7)Co-LODEX
(٧)نظام خبرة لإختيار الجودة للدوائر الإلكترونية (VLSI)
(8)Parallel LSI router
(٨)اختيار المسارات بين نهايات الدوائرالمتكاملة
(9)Parallel logic simulator
(٩)محاكاة المنطق المتوازي
(10)Protein sequence analysis program.
(١٠)نظام لتحليل التتابع المتعدد للبروتينات



شكل(٥-٣) مشروعات الجيل الخامس اليابانى



شكل (٥-٤) حاسبات الإستدلال للجيل الخامس اليابانى





المعالجة الرمزية

Symbolic Processing

الفصل السادس

الأسس الرياضية للمعالجة الرمزية

Mathematical Basics for Symbolic Processing

(٦-١)الأسس الرياضية للمعالجة الرمزية

تعتمد دراسة الذكاء الإصطناعى على كثير من فروع علم الرياضيات مثل نظرية المنطق (Theory of Logic) وفى هذا الباب يتم القاء الضوء على بعض الأسس الرياضية التى تستخدم فى المعالجة الرمزية والرقمية مثل الدوال (Functions) والرسوم البيانية (Graphs) والرسوم البيانية الموجهة (Digraphs) والشبكات الدلالية (Semantic Network) .

(٦-١-١)المعرفة - الوصف والعلاقات (Knowledge -Description,and Relations)

لبيان العلاقة اللغوية بين شيئين (x,y) والذى يمكن إعتبارهما رموزاً أو أرقاماً أو أفعالاً أو فروضاً أو بديهيات يمكن كتابة الآتى :

يبلغ التوصيف (R) للشئ (x) القيمة (y).

attribute R of object x has value y

حيث يمكن كتابة (y) بدلالة (x),(R) كما يلي : y=f(x,R)

وإذا كان نطاق (R,x) يمثل مجموعة محدودة فإنه يمكن كتابة هذه العلاقة اللغوية بالشكل والترتيب كالآتى : (R,x,y)

والتى تأخذ الشكل النمطى الآتى : (الوصف ، الشئ ، القيمة)

(Attribute, Object, Value)

والتى يمكن إختصارها بالشكل الآتى : (A,O,V)

والتى يمكن قراءتها كما يلى : التوصيف (A) للشئ (O) هو (V) .

ويمكن إستخراج العلاقة (Relation) بين (x,y) وذلك بكتابة

(x is related to y by R)

والذى يعنى أ ن (x) ترتبط بعلاقة مع (y) بالوصف (R)

ويكون التمثيل لهذة العلاقة بالرسم (Graphically) المقابل :

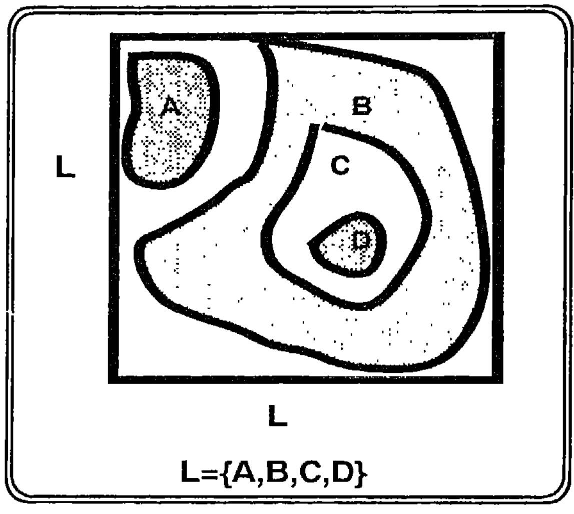
$$X \xrightarrow{R} Y$$

(٦-١-٢)تصنيف العلاقات

يمكن تصنيف العلاقات كما يلى:

١ - **العلاقات الثنائية** (Binary Relations)

إذا فرضنا أن هناك مجموعتان (A وB) متصلتان بعلاقة مافإنه يمكن تعريف هذه العلاقة على أنها علاقة ثنائية إذا أمكن تكوين مجموعة جزئية (Subset) قيمتها حاصل الضرب الاحداثى للمجموعتين (A x B)



شكل (٦-١)الترميز المكانى للمجموعات

٢- العلاقات الرمزية المكانية الإجرائية

(Positional &Procedual Symbolic Relations)

إن العلاقات التى تحتوى على كميات رمزية لها أهمية كبرى فى دراسة الذكاء الإصطناعى.

ولتفهم معنى العلاقات الرمزية المكانية والاجرائية نورد المثال الآتى :

إذا فرضنا أن هناك صورة شكل (٦-١) والتى تحتوى على مناطق منعزلة ومناطق متداخلة كما هو واضح هي الشكل، واذا تم ترميز (Coding) المناطق بالحروف (A,B,C,D) فانه يمكن تعريف أية منطقة بأنها تمثل أحد العناصر المكانية المرمزة من المجموعة الآتية :

L={A,B,C,D}

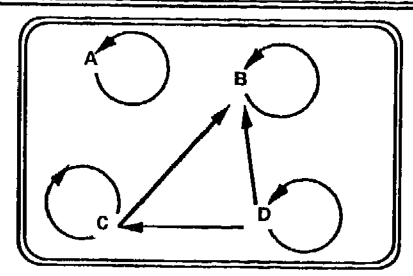
وتكون العلاقة بين هذه الرموزهى المجموعة الجزئية الناتجة من حاصل الضرب (LxL) والتى يمكن تمثيلها بالرسم البيانى الموجه (Digraph) كما فى شكل(٦-٢).

(٦-١-٣)العلاقات والصفات

إن فرض مفهوم التوصيف للخواص (Attributes) من الأهمية فى دراسة الذكاء الإصطناعى، حيث يرتبط هذا المفهوم بإنشاء النماذج (Models) ويمكن أن تندرج أشياء مختلفة مثل اللون والسن والعمر والعمل والتطبيقات تحت مسمى توصيف الخواص. مثال ذلك إذا أردنا أن نمثل الحقيقة التالية :

" **أن الحاسب يحتوى على دوائر متكاملة** (computer has chips) "

فبإستخدام التعريف السابق فان العلاقة (has) سوف تقوم بين الثنائى (computer,chips) لتأخذ الشكل الآتى :



شكل(٦-٢)الرسوم الموجهة التي تمثل العلاقة المكانية المرمزة

has (computer, chips)

من هنا نري ان العلاقة التى تمثل خاصية ما مثل (has ,is_a ,could _be) سوف يتم وضعها فى النماذج بسهولة من خلال الشبكات الدلالية حيث تنقسم خواص العلاقة (R) والناشئة بين شيئين واللذين يمكن وصفهما بالمجموعتين (A , B) الى ثلاثة أقسام :

١- خاصية الانعكاس (Reflective) :

أى أن R تكون إنعكاسية إذ ا كانت جميع قيم a جزء من A و (a,a) جزء من R

٢- خاصية التماثل (Symmetric) :

اى أن R تكون تماثلية إذا كانت جميع قيم a,b جزء من R وكذلك(b,a) جزء منR

٣- خاصية الامتداد (Transitive) :

أى أن R تكون امتدادية اذا كانت جميع قيم (a,b) جزء من R و (b,c) و (c,a) جزء من R.

(٦-١-٤) العلاقات غير الثنائية (ذات الرتبة اكبر من ٢)

ان العلاقة بين اكثر من شيئين(ثلاثة او اربعة او اكثر)والتى تعرف بالعلاقات غير الثنائية والتى تضع كثيرا من الشروط فانه يمكن وضع الحل لها عن طريق إيجاد جداول تتناول العلاقات الثنائية بين كل شيئين على حدة ويبين شكل (٦-٣)العلاقة البيانية الموجهة بين أربعة اشياء (A,B,C,D). كما يبين الجدول هذه العلاقة.

A B C D

R={(A,B).(B,C).(B,D).(B,A).(B,A).(C,C).(D.A)}

عناصر المجموعة A	عناصر المجموعة B
a	b
b	c
b	d
b	a
c	c
d	a

شكل٦-٣)العلاقة البيانية الموجهة بين اربعة كيانات.

(٦-٢)الشبكات الدلالية (Semantic Nets)

يعتبر إستخدام الرسوم البيانية الموجهة (Digraphs) لتحديد العلاقات الرقمية والرمزية بين مجموعة من الأشياء عملا أساسيا عند تمثيل المعارف، وأن توخى الدقة فى التمثيل يؤدى الى الوصول الى الحل بنجاح. تعرف الشبكة الدلالية بانها مجموعة من الرسوم البيانية الموجهة بالأسهم والقادرة على تمثيل العلاقات والخواص بين الأشياء والتى يمكن أن تشمل أوضاع معينة او نظريات وضعية، ويمكن اعتبار الشبكات الدلالية علي انها أداة للمراقبة البصرية (Visualization Tool) والتى تستخدم كثيرا فى عملية البدء (Get Started) فى تمثيل المعرفة. إن التركيب الطبيعى للشبكات الدلالية سوف يعكس توارث الصفات (Inheritance) لسهولة تتبع هذه الصفات من خلال الشبكة حيث يجرى تمثيل الشئ بعقدة (Nods) او دائرة وتمثل العلاقة بقوس معرف بالكتابة لهذه الصفة (Labeled Arcs).لتوضيح تمثيل الأشياء والعلاقات باستخدام الشبكة الدلالية يبين شكل (٦-٤) منضدة عليها ثلاث مكعبات مختلفة الأحجام وبينهما علاقات كثيرة كما يوضح الشكل ايضاً الشبكة الدلالية لتمثيل المعرفة لهذه المكعبات.ويوضح شكل (٦-٥) الشبكة الدلالية الممثلة لجزء من سيارة، وبالنظر الى الشبكتين يمكن وضع الملاحظات الآتية :

١- تحتوى الشبكة الدلالية على كثير من العلاقات والتى تشمل :

is_a(is_smaller, is_larger....).
has_attribute (has_part,......)
used _for
adjacent_to
shape_is

٢- تحتوى الشبكة الدلالية على علاقات عكسية مثل :

right_of,left_of
is_below,is_above

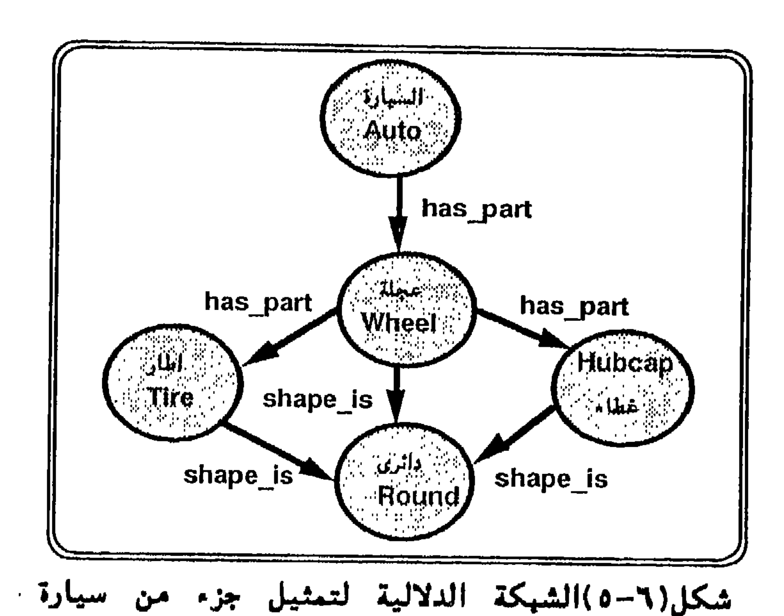
وتعتبر هذه العلاقات متكررة ولذلك يكتفى بواحدة فقط مما يؤدى الى تبسيط الشبكة.

٣- بعد تبسيط الشبكة يمكن تحويلها بسهولة الى خوارزميات مثل إستخدام المنطق الوصفى فى الشكل الآتى :

on_top_of(B,table)
has_part(Wheel,Tire)

٤- يمكن إستخدام الشبكة فى دراسة أى تغير فى العلاقات بالنظام مما يؤدى الى ظهور شبكات أخرى تساعد فى إيجاد الشكل العام الجديد كما هو معروف مثلا فى لعبة الشطرنج.

شكل (٦-٤) الشبكة الدلالية لتمثيل المعارف بين المكعبات والمنضدة



شكل(٦-٥)الشبكة الدلالية لتمثيل جزء من سيارة .

الفصل السابع

النمذجة الحسابية وتمثيل المعارف

Computational Modelling and Knowledge Representation

(٧-١)النمذجة الحسابية (Computational Modelling)

تعتبر النمذجة الحسابية وتمثيل المعارف من الناحية العلمية والهندسية هى الحصول علي نظام واضح المعالم والخواص يجرى فيه تمثيل الخواص الأصلية للمعرفة فى المستوى الفرضى وإختيارها من هذا المستوى وتحديدها الى اشياء مطلوب دراستها ثم تمثيلها واستخدام هذا النموذج الحسابى لإيجاد الحل للمشكلة المعروضة، ومن أجل ذلك فإنه عند محاولة وضع نموذج حسابى يناسب الإستخدام فى الذكاء الإصطناعى يمكن تعريف الثلاثة مراحل الآتية للنمذجة الحسابية والتمثيل المعرفي والمبينة فى شكل (٧-١) كمايلى:

١ - **المرحلة الأولى: مرحلة تعريف المعرفة** (Knowledge Definition)

وتشمل المستوى الفرضى(M) والذى يجرى فيه تمثيل الأشياء والمشكلة المطلوب دراستها بدقة والتفرقة بينها وبين الاشياء الغير مطلوب دراستها.

٢ - **المرحلة الثانية: مرحلة تمثيل المعرفة** (Knowledge Representation)

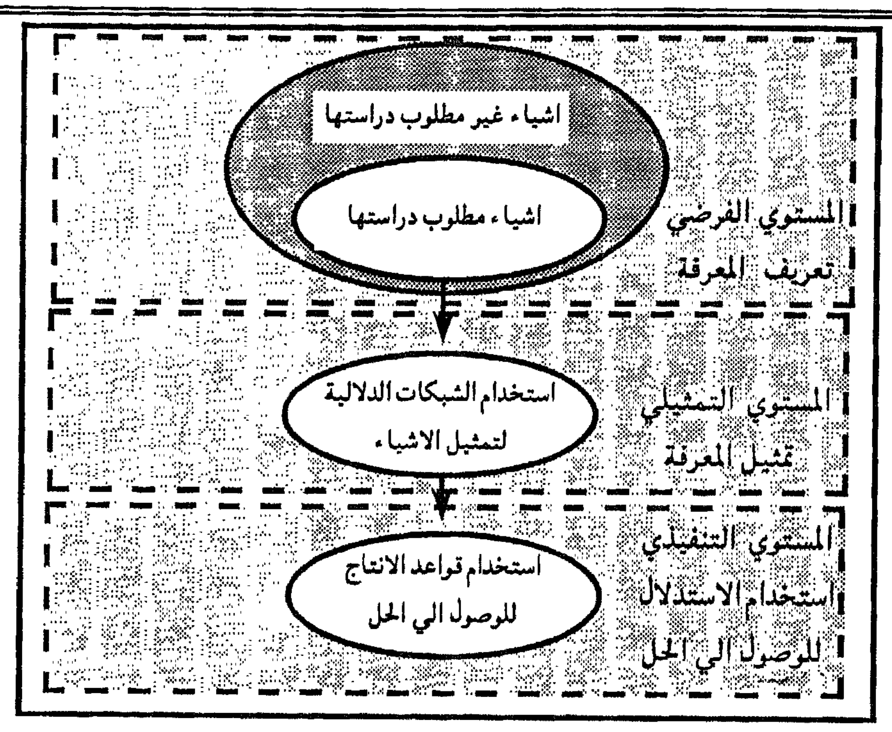
وذلك فى المستوى التمثيلى (R) والذى يرتبط بالمستوى الأول بالعلاقة (S) وفى هذا المستوى تستخدم الشبكات الدلالية لتمثيل الأشياء وصفاتها.

٣ - **المرحلة الثالثة : مرحلة الاختصار والعمل على إيجاد الحل** باستخدام الإستدلال وذلك فى المستوى التنفيذى أو إستخدام قواعد الانتاج مثلا للوصول الى هذا الحل، ويطلق عليها مرحلة الإستدلال المبنى على النماذج Model Based (MBR) Reasoning.

من الملاحظ أن إنشاء وتطوير النماذج ربما لا يصل الى التمثيل الكامل للنظام الأساسى ويعتبر الذكاء الإصطناعى من وجهة النظر الهندسية على أنه بناء وتمثيل نماذج مثالية أقرب الى الحقيقة والواقع وذلك فى نطاق معين، ومن ثم تصميم وتطوير اكثر من طريقة للإستدلال للوصول الى الحل المناسب، ويعتبر الوصول الى حل بمثابة اصابة الهدف (Goal)، ويمكن تعريف تمثيل المعرفة بانه تحديد العناصر الأساسية لمشكلة ما فى نطاق معين وإنشاء نموذج حسابى يتم إستخراج النتيجة منه باستخدام محركات الإستدلال (Inference engines) او الموحدات (Unifiers) التى تقوم بالعمليات الحسابية. ومن هنا نرى أن تمثيل المعرفة هو حجر الزاوية فى عمل النماذج، ولذلك يراعى عند تصميم النماذج أن تكون هناك اجابة على الاسئلة الآتية :

١ - هل النموذج قابل للامتداد والتعديل بالزيادة او النقصان ليلائم دراسة نظما أخرى فى نفس المجال او فى مجالات اخرى ؟

٢ - ماهى حدود التطبيق للنموذج ؟



شكل (٧-١) المراحل الأساسية للنمذجة الحسابية وتمثيل المعارف

٣ - هل يقوم النموذج بالتمثيل الحقيقى للمعرفة ومدى كفاءة التمثيل ؟

٤ - هل يمكن للمستخدم التحكم فى متغيرات النموذج بسهولة ؟

(٧-١-١)مراحل إنشاء وتطوير النماذج (Levels of Model Development)

يبين شكل (٧-٢) الخطوات الواجب اتباعها عند إنشاء النماذج وتشمل الخطوات الآتية:

١ - تعريف الغرض والبيئة والحدود للنموذج وذلك من خلال دراسة المشكلة الحقيقية وبيئتها واستخلاص الغرض والحدود التى سوف يتم فيها تطبيق النموذج.

٢ - تعريف خواص المدخل والمخرج للنموذج .

٣ - وضع فروض التركيب للنموذج وتحديد المفاتيح وخواصها.

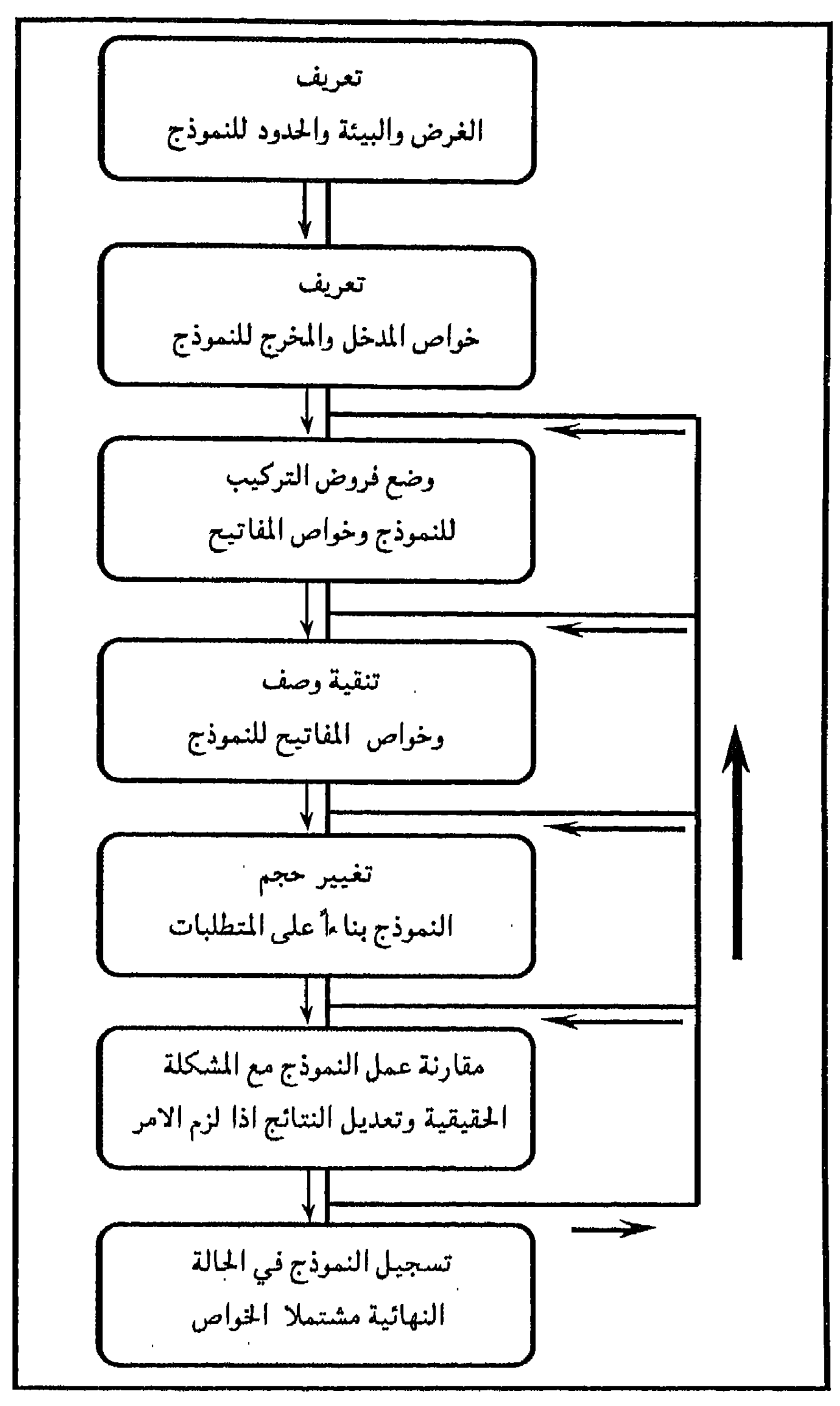
٤ - تنقية وصف وخواص المفاتيح للنموذج.

٥ - تغيير حجم النموذج بناءاً على المتطلبات.

٦ - مقارنة عمل النموذج مع المشكلة الحقيقية، واجراء التعديل إذا لزم الأمر مع الرجوع الى أى من الخطوات السابقة (٣ . ٤ . ٥) الى أن يصبح النموذج مطابقا تماما للمشكلة قيد الدراسة.

٧ - تسجيل النموذج مشتملا على الخواص فى الحالة النهائية.

ولتوسيع دائرة تمثيل المعارف عند إنشاء النماذج يمكن الإستعانة بالانواع المختلفة من



شكل (٧-٢) الخطوات الواجب إتباعها عند إنشاء النماذج الحسابية

التصنيف الآتى للمعارف وهى :

١- **المعرفة المختصرة** (Intensional Knowledge) هى المعرفة التى تحمل ملخص لمعنى او الإستخدام لفرض من الفروض.

٢- **المعرفة عن مكونات الفرض** (Extensional Knowledge) وهى المعرفة عن عناصر الفروض.

٣- **المعرفة الذاتية** (Meta- Knowledge) وهى المعرفة عن المعرفة.

٤- **معرفة النطاق او المجال** (Domain -Knowledge) وهى المعرفة التى توصف نطاق الموضوع قيد البحث وتشمل الفروض والحقائق والعلاقات بين هذه الحقائق والاجراءات اللا زمة للوصول الى الحل.

٥- **المعرفة الممثلة هرميا** (Heurachical Representation) وتشمل تمثيل عناصر المعرفة بشكل هرمى.

(٧-٢)خواص التمثيل لنظم الإستدلال المبنى على النماذج

(MBR Characteristics)

من أهم الضروريات التى يجب اتباعها عند إنشاء النماذج أن يكون التمثيل واضحا ومرمزاً ترميزاً يمكن تتبعه بسهوله، وأن يضم القواعد والأساسيات والخواص التى تبرز خصائص الذكاء المطلوب، وأن يحتوى النموذج على :

١ - الفروض مثل تقسيم النظام الى اجزاء ونظم مصغرة.

٢ - الاشياء وعناصرها ويجب أن توضع فى ابسط صوررها واصغرها (ذرة العنصر).

٣ - الخواص والوصف والقيم للاشياء مثل اللون والوزن والعمر وما الى ذلك والقيم المختلفة.

٤ - القيود والشروط والتى تشمل العلاقات بين الأشياء.

الشروط الواجب توافرها بالنماذج الحسابية :

١- **القدرة على التمثيل** (Applicability) : أن يمثل النموذج تماما خواص النظام المطلوب والبيئة المناسبة لقدرات الذكاء الإصطناعى المطلوب.

٢ - **التكامل (الوصفى)**(Completeness) : إذا امكن للنموذج أن يحتوى جميع العلاقات وأن يصف بدقة جميع التحاورات بين عناصره فإنه يجرى تعريف هذا النموذج بالنظام المقفل (Closed System) ومن هنا تاتى صعوبة التمثيل او إنشاء النماذج.

٣ - المرونة وقابلية الامتداد(Flexibility & Extendibility) : من الأهمية أن يكون التمثيل او النموذج مرناً لكى يمكن أن يشمل التطبيق للتوقعات والتغيرات التى تحدث بعد تطبيق النموذج فى النظام الاصلى وأن يكون قابلا للزيادة التى تقابل الزيادة فى النطاق او النظام الاصلي، مثال ذلك أن يكون النظام الطبى للتشخيص لمرض معين قادرا على أن يمتد ويشمل التشخيص لأمراض مماثلة.

٤ - التطابق (Consistency) : أن يكون النموذج قادرا على عدم خلق حلول متعارضة وأن تكون النتائج متطابقة فى جميع الحالات المتماثلة.

٥ - قابلية التتبع (Tractability) : أن يكون النموذج قادرا على التتبع الإجرائى.

٦ - قابلية التكامل مع البيانات البيئية (Integrability with Environmental Data) أن يسمح النموذج بإدخال الكميات والبيانات التى يمكن قياسها من البيئة.

٧- قابلية التطبيق (Practicality) : أن يكون قابلا للتطبيق من الناحية العملية.

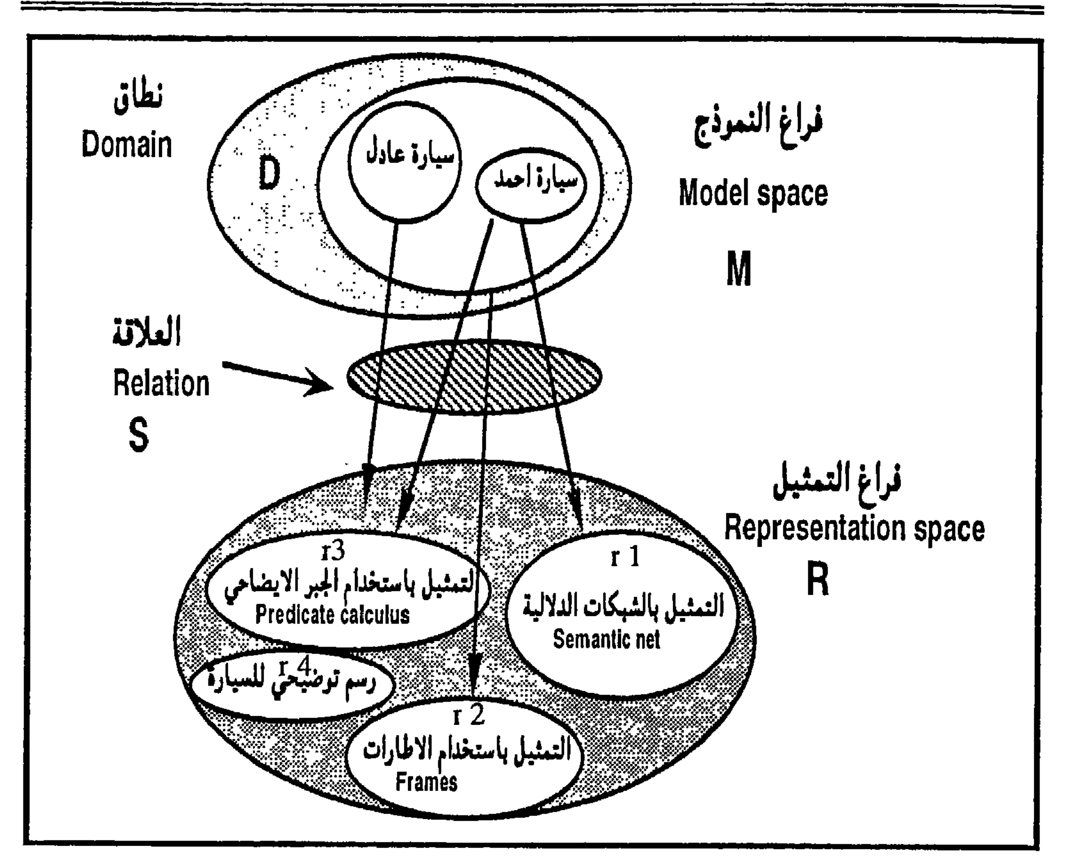
(٧-٣)القواعد الهندسية للنمذجة

تعتمد النمذجة فى الذكاء الإصطناعى على أسس النمذجة الهندسية (براون ١٩٨١) والتى أمكن تطويرها لتشمل مجال الذكاء الإصطناعى كما فى شكل (٧-٣) كالآتى :

١- فراغ النموذج M (Model Space): يعرف فراغ النموذج على أنه الفراغ الذى يشمل العناصر التى تحمل تلخيص لجميع الأشياء اللازمة لدراسة المشكلة فى النطاق المعين مثلا إذا تعلقت المشكلة بدراسة الموائع فانه يلزم الاستعانة بقوانين الفيزياء والميكانيكا وكذلك المعادلات التفاضلية علاوة على أصل المشكلة فى هذا الفراغ، او كما هو واضح فى الشكل عند المقارنة بين سيارة احمد وسيارة عادل فإن هذا الفراغ سوف يحتوى على السيارتين.

٢- فراغ التمثيل R(Representation Space): وهو الفراغ الذى يحتوى على التشكيل الرمزى مثل التمثيل بالشبكات الدلالية (r1) والتمثيل بالإطارات (r2) والتمثيل بالجبر الخبرى او الايضاحى(r3) وكذلك الرسوم الايضاحية للسيارة (r4).

٣- خطة التمثيل S(Representation Scheme):وهو العلاقة بين فراغ النموذج (M) وفراغ التمثيل(R) والتى تمثل القوة الوصفية للخطة ،ويعتمد التمثيل (R) على قيم (S) ، فاذا كانت (S) تعبر عن دالة فإن التمثيل يكون وحيدا (unique)،



شكل (٧-٣)العلاقات الهندسية (الفراغية) لأسس النمذجة الحسابية

ويكون التمثيل فقيرا فى التعبير او بعيدا عن الغرض إذا كانت (1/S) لها قيمة واحدة. ويعتبر التمثيل (r2),(r1) متطابقا فى التمثيل الفراغى (R) إذا كان هناك عنصر واحد على الاقل (m) فى تمثيل فراغ النموذج (M) مرتبطا بالعلاقة :

S1(m) =r1

S2(m)=r2

(٧-٤)التمثيل بإستخدام الإطارات

(Representation using frames)

إن تمثيل المعرفة عن طريق إستخدام إطارات متتابعة فى أزمنة متتابعة بحيث يشتمل الإطار على حالة الأشياء والعلاقات والحقائق فى الزمن اللحظى المعين، وبذلك يتحول النموذج الى عدد من الإطارات المتعاقبة كما هو مبين بالشكل (٧-٤) حيث يبين الإطار الأول أن التصادم سوف يتم بين الكرتين كما هو مبين فى الإطار الثانى وبذلك تتحول المشكلة الي عدد من الاطارات المتلاحقة، ومن هنا تنشأ مشكلة الإطارات فى الذكاء الإصطناعى حيث أنه من الممكن عدم حدوث

التصادم فى النظام الحقيقى نتيجة عوامل أخرى لم يتم تمثيلها مثل الاحتكاك بين الكرتين والسطح، مما يؤدى الى عدم صحة التوقع.

ومن هنا جاء تعريف مشكلة الإطارات والتى تنص على ما يلى : " عند إستخدام التمثيل بالإطارات فإنه يجب تمثيل الأشياء والقواعد الثابتة قبل المتحركة فى كل الإطارات "

وتظهر مشكلة الإطارات بشكل واضح عندما تكون هناك الحاجة الى إستخدام الإستدلال الإضطرارى (Temporal Reasoning) والتخطيط (Planning) واستخدام الحدث او الشعور الادراكى(Common-Sense). ويمكن وضع الملاحظات الآتية على الإطارات الغير كاملة التوصيف كما فى المثال السابق:

١ - تكون التوقعات غير صحيحة لإعتمادها على معلومات ناقصة.

٢ - ميل الإنسان الى التسرع فى الإستدلال بناءاً على الملاحظة النظرية من أول وهلة.

٣ - تداخل المعلومات الرمزية والرقمية مثل قوانين الحركة فى الإستدلال.

٤ - تغير التوقع بعد لحظة صغيرة من بدأ التحرك.

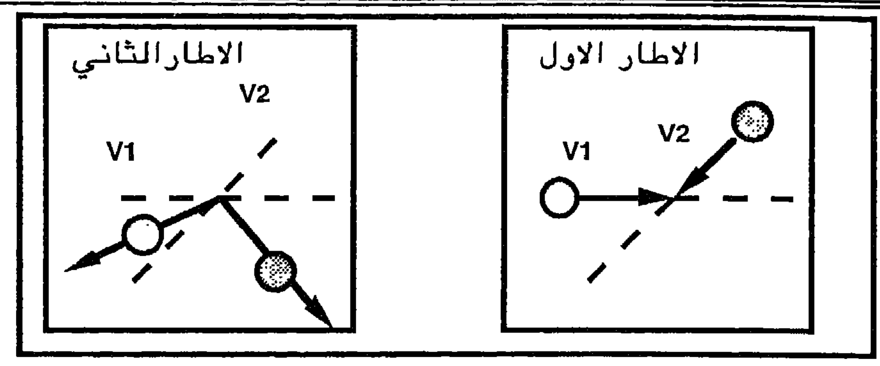
٥ - تكون التوقعات أقرب الى التوقع الصحيح اذا كانت الإطارات فى فترات صغيرة من الزمن.

الأوضاع (Situations)

من أهم الأساسيات عند الاستعانة بالإطارات فى التمثيل اتباع الاوضاع والتى تعرف بأنها التصور اللحظى للنظام فى لحظة معينة، والذى يشابه الصورة الواحدة الثابتة فى الافلام السينمائية حيث تظهر الصورة من تلاحق هذه الصور الثابتة وعلى ذلك فإن تمثيل النظام بالإطارات المتلاحقة والقريبة من بعضها البعض زمنيا سوف يعطى التمثيل الدقيق للنظام، وبذلك يكون هناك وحدة للاطارات (Frame Axiom) والتى تعرف بأنها أصغر إطار يمكن إستخدامه، وأن تلاحق وحدات الإطارات يودى الى ابراز التغير الحادث.

(٧-٤-١)تصميم الإطارات

تتيح الإطارات تركيبة منتظمة من مجموعة خدمات لإظهار مجموعة من البيانات او قواعد البيانات بشكل سريع ووافٍ،وتعتبر كذلك نظم عامة ذات خاصية إظهار القوائم (Lists) وتحتوى على فتحات (SLOTS) يمكن أن تستخدم لإظهار وتوصيف اكثر من قيمة،مثال ذلك إستخدام هذه الفتحات لأظهار قيمة معينة او إظهار حدود معينة او لتنشيط قاعدة معينة وهكذا يعتبر الغرض الاساسى لبناء الإطارات أنه يمكن أن تستخدم لتمثيل مجموعة كبيرة من الافكار والقواعد والحقائق، ويمكن للإطارات أن ترتبط فى نظام طبقى على أن يقوم كل اطار بتمثيل



شكل(٧-٤)التمثيل بإستخدام الإطارات

مجموعة من الاهداف التى تتبع رتبة معينة للتركيب الطبقى، ومن مزايا الإطارات أنها يمكن أن تقوم بتمثيل معلومات طبقية،مثال ذلك المعلومات الإيضاحية والمعلومات الكيفية.

عناصر تصميم الإطارات: لتصميم الإطارات والتى تتبع التنظيم الطبقى وتورث الصفات طبقة الى أخرى فانه يلزم تعريف أربعة عناصر :

أ - **العنصر الأول :الطبقة** (CLASS) وهو التنظيم الطبقى الذى يسمح بتحديد مكان إطار معين وتحديد موضع ذلك الإطار من الإطارات الأخرى ونوعيته من حيث الرتبة فهل هو يتبع الطبقة العليا (UPPER CLASS)اوهو فرع من طبقة عليا (SUB CLASS).

ب - **العنصر الثانى :الوحدة** (UNIT) والتى تنظم وجود الفراغات وعددها ومواصفات كل منها ، وذلك لحفظ البيانات الايضاحية او الكيفية.

جـ - **العنصر الثالث : الفتحات** (SLOTS) وهى التى تسمح باحتواء بيانات تشير الى قيمة او تورث لصفة ما.

د - **العنصر الرابع : صفات التوارث** (INHERITANCE) وهى التى تشير الى أن طبقة من الطبقات متورثة من طبقة أخرى من الطبقات العليا او السفلى، ولتوضيح ذلك فان شكل (٧-٥) يبين ذلك حيث يشير الى أن الطبقة يمكن أن تحتوى على طبقة أخرى ووحدة وفتحات وأن الوحدة يمكن أن تحتوى على كثير من الفراغات.

(٧-٥)التعرف على طرق تمثيل المعرفة

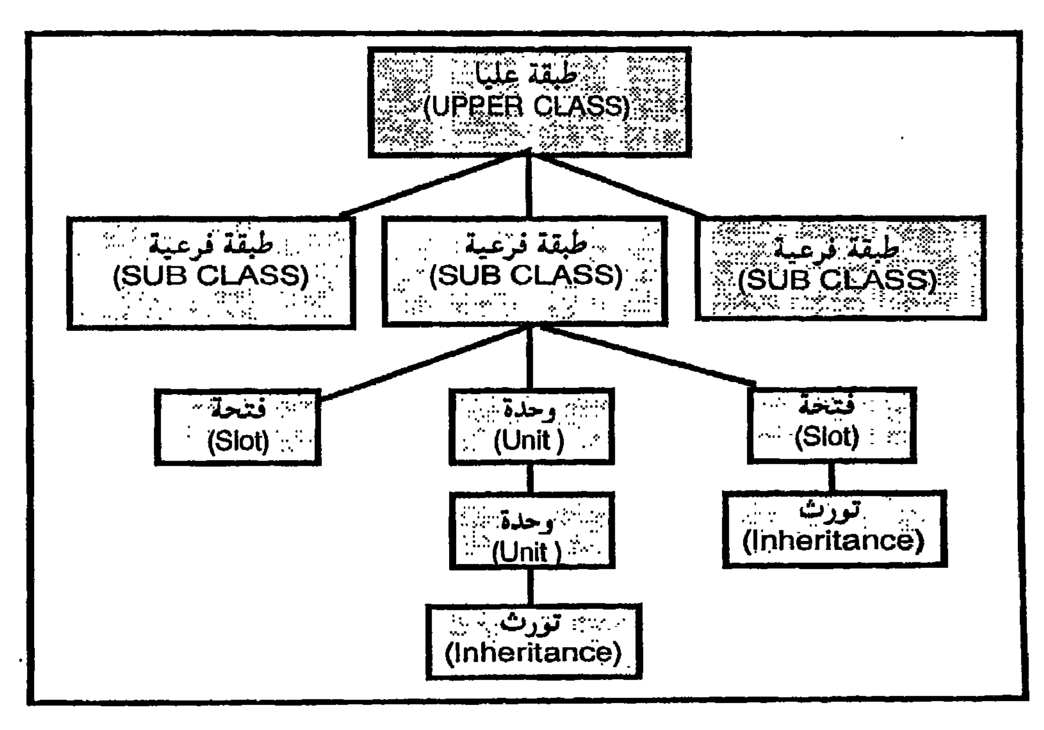
(Knowledge Representation Approaches)

تنقسم طرق التعرف على تمثيل المعرفة الى طريقتين :

١ - **طرق التعرف الإعلانية** (Declarative Approach) والتى يتم فيها تمثيل

كنه الحقائق (والتى تشمل التعرف على ماذا) (Knowing What) والتى تشتمل على طرق التقارب المعتمدة على المنطق(Logic-based) والعلاقات والتى تؤدى الى الاستعانة بالتفرع الشجري(Trees)، والرسوم والشبكات الدلالية (Semantic Nets) وتعتمد كذلك على التوقع المنطقى الاسنادى (Predicate Logic).

٢ - **طرق التعرف الاجرائية** (Procedural Approach) والتى يتم فيها تمثيل طرق الفعل وكيفية التتابع (التعرف على الكيفية)(Knowing How) والتى تعتمد على قواعد النحو للغة (Grammars) والنظم الاجرائية المعتمدة على القواعد مثل نظم الإنتاج(Production Systems) والتى دائما ما تكون فى الشكل " إذا توفر الشرط، يكون الفعل (Action) IF (Condition) THEN ويمكن توضيح الفرق بين التعرف الإعلانى والتعرف الاجرائى بالمثال الآتى :إذا نظرنا للجداول الرياضية التى تعطى لوغارتم الرقم، فيعتبر هذا النطاق نطاقا رقميا،ويصبح التعرف على لوغارتم الرقم تعرفاً إعلانياً أو وصفياً اما إذا اخذنا طريقة حساب اللوغارتم فإن ذلك يعتبر تعرفاً إجرائياً.



شكل (٧-٥) - تصميم الإطارات

الفصل الثامن

آليـــات تقنيـــات الاســـتدلال

(المنطـــق الرمـــزى الحســـابى)

Toolbox of Inference Techniques (Symbolic Computational Logic)

(٨-١)المنطق الرمزى الحسابى (Symbolic Computational Logic)

يعتبر المنطق الرمزى فرع من فروع الرياضيات والذى يمثل إحدى دعائم الذكاء الإصطناعى نظراً لقربة من مجال كثير من المشتغلين بعلوم وهندسة الحاسبات، حيث يعتبرصندوق الآلية لنظم الاستدلال. فى هذا الباب يتم إلقاء الضوء على أسس المنطق الرمزى الحسابى التى تؤدى بدورها الى تفهم ميكانيكية المعالجة الرمزية والاستدلال.

من المعروف أن المنطق الرمزى يمكن أن يستخدم للتعبير عن جملة ما ثم الإستدلال والإستنتاج بجملة أخرى بناءاً على الجملة الاولى. ويمكن كذلك الإثبات بوضوح عن صحتها، ويبدو للوهلة الاولى أن تطبيق المنطق الرمزى فى أساليب الذكاء الإصطناعى سوف يكون مناسبا بدرجة كبيرة ولكن ذلك يشوبه التمييز الكامل وذلك لسببين :

١ - **السبب الاول** هو عدم إتجاة التصرف الإنسانى فى كثير من الأحيان للتعليل بناء على الأسباب (Reasons) بأستخدام الإستدلال المنطقى(Logical Inference) .

٢ - **السبب الثانى** هو عدم قدرة المنطق الرمزى على المرونة مما يجعلة غير مناسباً فى التطبيق لبعض المجالات.

ولقد تطور إستخدام أساليب المنطق الرمزى الحسابى ليشمل :

١ - **القاعدة الشرطية للتضمين الإيجابى**(Modus Ponens) والتى تساعد فى عمليات الإستدلال أو الإستنتاج(Inference) حيث يكون من المناسب إستخدام القواعد المنطقية للاستدلال الحسابى.

٢ - **النظم المعتمدة على القواعد** (Rule - Based Systems) .

٣- **المنطق المتعدد القيم** (Multivalued) **والمنطق الغير متشابة الوترية** (Non-monotonic) والمنطق المؤقت أو الإضطرارى (Temporal) وذلك لتصميم نظماً واقعية للذكاء الإصطناعى.

لتوضيح مفهوم كثير من التعابير المتستخدمه فى المنطق الرمزى نورد التعاريف الآتية:

١ - **الإستدلال أو الإستنتاج** (Inference) تعرف عملية الإستدلال أو الإستنتاج بأنها الإشتقاق لحقائق جديدة (Newfacts) من حقائق معروفة وتدخل فى ذلك النتائج المطلوب إيجادها.

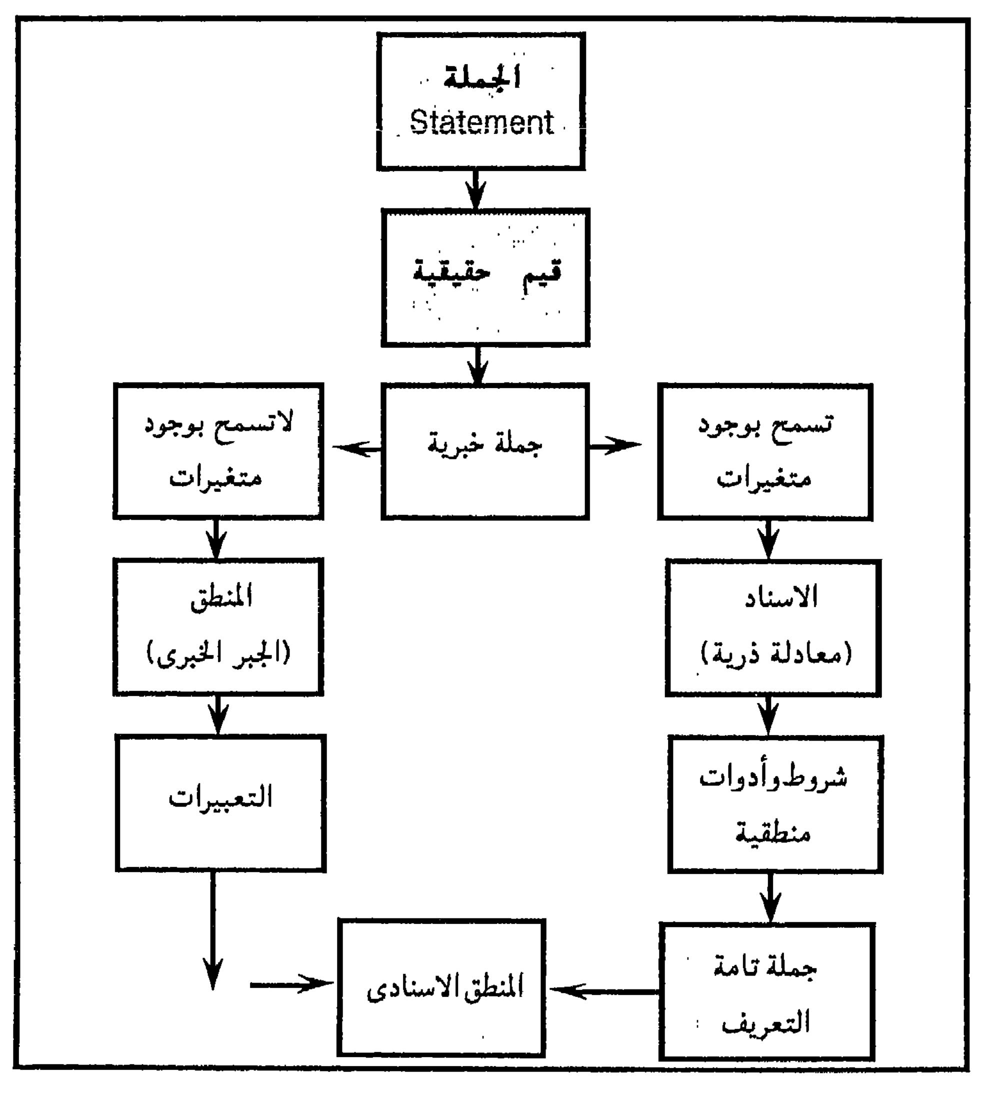
٢- **الإشتقاق** (Deduction) والذى يعرف بأنة تفاصيل عملية الإستدلال بإستخراج حقيقة جديدة من حقيقة معروفة.

٣ - **الإستنتاج الإستطرادى او التأثيرى** (Induction) ويعرف بأنه التعليل بالأسباب (Reasoning) لإستخراج حقيقة كاملة بمعرفة جزء من هذه الحقيقة اى أنه الوصول الى الكل من الجزء.

٤ - **البديهية** (Axiom) وهى الجملة الحقيقية المحتوية على الفرض الحقيقى أو الصحيح .

(٨-١-١)الجملة (Statement)

يستخدم المنطق الخبرى الرموز الرياضية لتمثيل الجمل وبذلك تعتبر الجملة الاعلانية أو البيانية إما حقيقة أو خطأ. ويبين شكل (٨- ١) التمثيل الدلالى للجملة والذى يبين أن الجملة



شكل(٨-١) التمثيل الدلالى للجملة

الخبرية الصحيحة تنقسم الى قسمين :

١- القسم الأول :

يسمح بوجود متغيرات (Variables) لتكون جملة اسنادية (Predicate) تأخذ شكل المعادلة الذرية (Atomic formula) ، والتى تسمح بعد ذلك بإستخدام الأدوات والتراكيب المنطقية مثل الوصلات المنطقية لتعطى فى النهاية جملة فى شكل معادلة تامة التركيب والتعريف (Well-formed formula(Wffs)) والتى تكون فى النهاية المنطق الاسنادى أو الجبر الاسنادى (Predicate Calculus) .

٢- القسم الثانى :

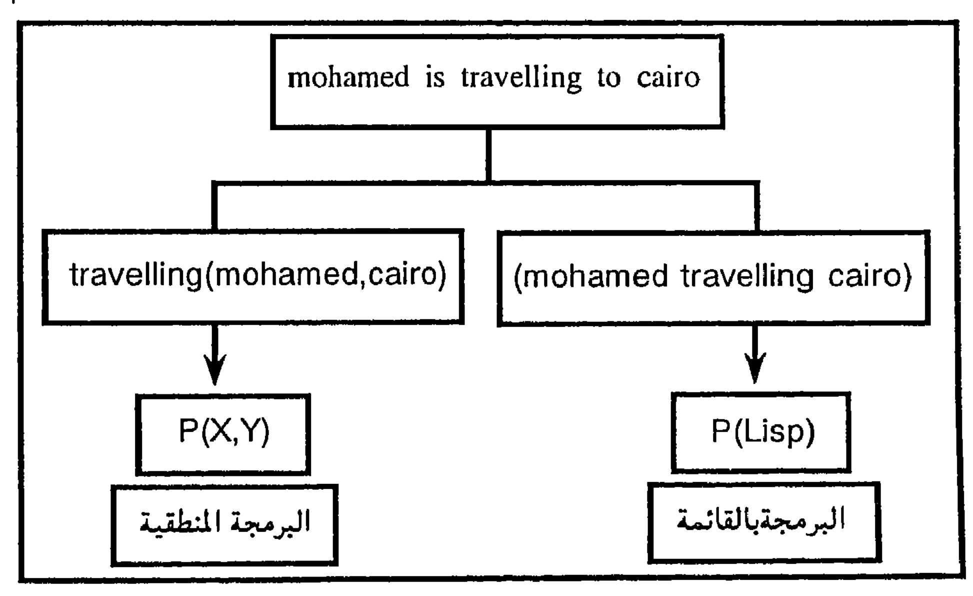
لايسمح بوجود متغيرات مع السماح بوجود الوصلات والتراكيب المنطقية لتعطى المنطق الخبرى أو الجبر الخبرى(Propositional Calculus) .

(٨-٢)التعبير الرمزى عن الجملة

يبين شكل (٨-٢) الجملة الانجليزية التى تشرح حقيقة سفر محمد الأن الى القاهرة والتى يمكن كتابتها و تمثيلها فى أحد الاشكال الآتية :

١- الشكل الأول :أسلوب القائمة (mohamed travelling cairo)

يأخذ شكل القائمة (List) المحتوية على ثلاثة عناصر ويكون من المناسب إستخدام لغة



شكل (٨-٢) التعبير الرمزى عن الجملة

البرمجة بأسلوب القوائم (Lisp) للمعالجة ويمكن تمثيل الجملة بالشكل الرمزى الذى يأخذ شكل الحرف (P) .

٢- الشكل الثانى: أسلوب المنطق travilling(mohamed , cairo)

حيث تكون العلاقة الإسنادية(predicate relation) هى كلمة(travelling) والتى تربط بين إسم الشخص محمد ومدينة القاهرة وبينهما أداة الوصل المنطقية(و) ويكون من المناسب إستخدام لغة البرمجة المنطقية (Prolog) لهذا الشكل المنطقى.

ويمكن تمثيل الجملة بالشكل الرمزى الذى يسمح بوجود متغيرات فى شكل : P(X,Y)

حيث (X,Y) هى متغيرات.

الجملة المركبة (Compound Statement)

تتركب الجملة المركبة من عدة جمل بسيطة متصلة مع بعضها باستخدام أدوات الوصل المنطقية مثل (و) (AND) (او) (OR) (لا) (NOT) وأداة الشرط (اذا) (IF) .

(٨-٣)قاعدة التضمين الشرطى (Implication)

تحتوى القاعدة الشرطية للتضمين على الأداة الشرطية (إذا) فى الشكل " إذا تحقق الشرط تكون النتيجة " أو بمعنى ثان إذا تحقق الحدث يكون العمل كما يلى :

IF condition THEN consequent

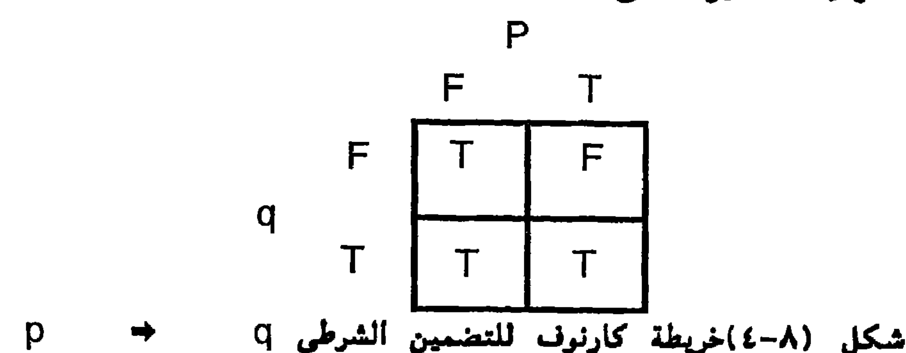
حيث يمكن ان تكتب بالشكل الرمزى : $p \rightarrow q$

والتى تعنى أنه إذا كان التمثيل الرمزى (P) صحيحا (True) فتكون النتيجة أو

p	q	$p \rightarrow q$
T	T	T
T	F	F
F	T	T
F	F	T

شكل(٨-٣) جدول الحقيقة

العمل (q) كذلك، ويمكن إستخدام جدول الحقيقة شكل (٨-٣) (Truth Table) لتمثيل القاعدة الشرطية للتضمين كمايلى :



شكل (٨-٤)خريطة كارنوف للتضمين الشرطى p ➔ q

والتى يمكن ان تبسط بإستخدام خرائط كارنوف (Karnaugh Map) والمبينة فى شكل (٨-٤)، والتى تعطى الصورة العامة للتضمين كمايلى :

p ➔ q = (Not) p OR q

والتى يجرى تفسيرها على أن التضمين يكون صحيحا (T) فى أى الحالتين :

إذا كانت (Not P) غير صحيحة (F) أو (q) صحيحة (T).

(٨-٣-١)التضمين الشرطى والنظم المبنية على القواعد

(Implication and Rule - Based Systems)

تعتبر قاعدة التضمين الشرطى هى الأساس فى الإستدلال (Inference) فى النظم المبنية على القواعد، فإذا فرضنا أن التضمين الشرطى (p ➔ q) صحيحا (T) فإن هذه المعرفة يمكن إستخدامها فى الحكم على أن قيمة (q) تكون دائما صحيحة (T) طالما أن (P) ذات قيمة صحيحة (السطر الأول من جدول الحقيقة). وبتحليل الجزء الثانى ومن قاعدة التضمين (Not (P) OR(q)) والتى تحمل المعنى الإستدلالى : إذا كانت (P) قيمة حقيقية فإن Not(P) تكون غير حقيقة، وعلى ذلك فإن قيمة (q) لابد أن تكون صحيحة. وتعتبر قاعدة التضمين الشرطى هى الاساس فى التسلسل المتقدم (Forward Chaining) فى النظم المبنية على القواعد، حيث تكون النتيجة أو الفعل فى القاعدة الاولى مكون من عدة قواعد متسلسلة فى جمل مرتبطة بأداة المنطق (و)AND .

(٨-٣-٢) خواص قاعدة التضمين الشرطى

تشتمل خواص قاعدة التضمين الشرطى على ما يلى:

١ - إذا كانت كل من (p)، (q) قيماً لاتحمل المعنى الصحيح فان التضمين الشرطى

(P → q) يظل دائما صحيحا (السطر الرابع من جدول الحقيقة).

٢ - إن القاعدة الشرطية للتضمين لاتعنى أن (p) تسبب (q) ولا يوجد علاقة سببية بهذا المعنى ولكن يوجد:أن (p) شرط كاف لوجود (q) ، أن (q) شرط مطلوب لوجود (p) .

٣ - يمكن إعتبار الجملة البسيطة قاعدة تضمين مع عدم و جود الشرط (p) .

٤ - يمكن إشتقاق الآتى :

أ - الوضع المقلوب . (q → P) (Converse)

ب - الوضع المعكوس . ((Not P) → (Not q)) (Inverse)

جـ - الوضع المقلوب الإيجابى . ((Not q) → ((Not P))

(٨-٤)التسلسل المتقدم (Forward Chaining)

نفرض أن هناك مجموعة من القواعد التى تأخذ شكل جمل التضمينات الشرطية-IF) THEN) يبلغ عددها (i) وأنه قد تم إستخدام المتغيرات qi,pi فى التمثيل الرمزى للحقائق لهذه القواعد بالترتيب الآتى

P1 → q1

P2 → q2

P3 → q3

فإذا فرضنا أن هناك تطابق بين النتيجة أو الفعل فى القاعدة الاولى (q1) مع الشرط فى القاعدة الثانية(P2) وكذلك كان هناك تطابق بين النتيجة أو الفعل فى القاعدة الثانية(q2) مع الشرط فى القاعدة الثالثة (P3) كمايلى : P2=q1

P3=q2

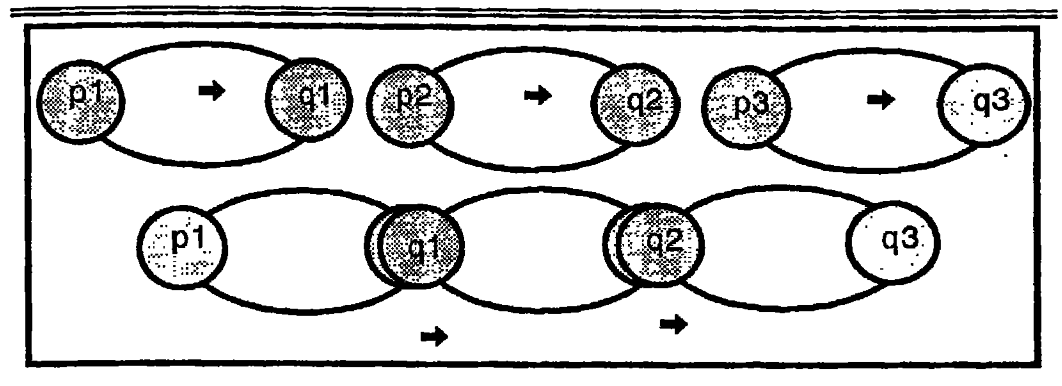
وينطبق ذلك على قاعدة المعرفة تصبح فى شكل سلسلة كمايلى :

P1 → q1

q1 → q2

q2 → q3

ويمكن تمثيل ذلك كما يلى فى شكل (٨-٥) حيث يجرى تمثيل كل قاعدة أو جملة من التضمينات الشرطية بحلقة من سلسلة على طرفيها الحقائق (q , p) وعند تطبيق التساوى للطرف الثانى للحلقة الاولى(q1) مع الطرف الاول للحلقة الثانية (P2). وتعميم ذلك بأن يتساوى الطرف الثانى من حلقة مع الطرف الأول للحلقة التى تليها حيث ينتج عن ذلك سلسلة تبدأ من الحلقة الأولى وتتفرع الى الأمام فى تسلسل متقدم كما هو مبين بالشكل .



شكل (٨-٥) التسلسل المتقدم

و لقد تم الإستعانة بالخطوات التالية :

١ - التحقق من أن جميع التضمينات الواردة بالقواعد الشرطية تشتمل على قيم حقيقية للمتغيرات (qi) بناءاً على قيم حقيقة للمتغيرات (Pi).

٢ - بناء تسلسل متقدم الى الأمام للوصول أو انتاج حقيقة جديدة (q_n) بناءاً على معرفة الشرط الأول (P1) ويمكن إستخدام القاعدة العامة التالية فى بناء تسلسل متقدم.

1-((p1 ➜ q1)AND p1 being True) ➜ (q1 is True)
2-((q1isTrue)AND(q1=p2)being True Yields p2 is True)
3-((p2 ➜ q2)AND p2 being True) ➜ (q2 is True)
4-(q2 isTrue)AND(q2 = p3)being True Yields p3 is True
5-((p3 ➜ q3)AND p3 being True) ➜ (q3 is True)

(٨-٥) شبكات الإستدلال (Inference Nets)

يمكن بناء شبكة الإستدلال للمثال السابق وذلك كما هو مبين بالشكل (٨-٦) حيث يرسم سهم من رأس القاعدة (الشرط) الى ذيل القاعدة (النتيجة أو الفعل) والذى يعرف بأنة إطلاق للقاعدة (Rule firing) وإستخدام تقرب للموائمة الرمزية (Symbolic Matching Approach) لعقد المساواة بين حقائق(النتيجة أو الفعل) لقاعدة مع الشرط للقاعدة التى تليها، حيث × تمثل موائمة رمزية ، وتصبح النتيجة :

p 1 ➜ q3
given deduced

(٨-٦) قاعدة التضمين الشرطى الإيجابى (Modus Ponens)

تسخدم قاعدة التضمين الشرطى الإيجابى(MP) للإشتقاق(Deduction) فإذا فرضنا أن هناك بديهة حقيقية (P) وكان التضمين الشرطى (P → q) صحيحاً دائما فان النتيجة أو الفعل لابد ان يكون صحيحا ويمكن كتابة هذه القاعدة كا لآتى :

P is True

P → q is True

q conclusion is True

أو (P AND (P → q)) → q

(٨-٧) الإسنادات والمتغيرات (Predicates and Variables)

لإزالة الخلط بين إستخدام الإسنادات (predicates) والدوال الإسنادية (Predicate Functions) يمكن توضيح التعريفات الآتية :

١ - الإسناد (Predicate) هو جملة خبرية تحتوى على متغيرات(Variables) .

٢ - الدالة الإسنادية(Predicate Function) هى الدالة التى تحدد القيم الصحيحة أو الخطأ لإسناد ما. مثال ذلك : يمكن كتابة الإسناد للأرقام الزوجية كمايلى : Peven (n)

وبذلك تكون الدالة الإسنادية التى تحدد قيم المتغيرات لهذا الاسناد هى الدالة :

Peven (n) = True if n is even
False otherwise

حيث تصبح قيمة الرقم الزوجى حقيقية.

(٨-٨) المنطق الإسنادى (Predicate Logic)

يعرف المنطق الإسنادى بأنه فرع من فروع المنطق الذى يسمح بنمذجة (Modelling) الحقيقة فى جملة ما إعتماداً على القيم التى تم فرضها فى جزء من الجملة

قاعدة ١			x		قاعدة ٢		x		قاعدة ٣	
p1	→	q1	→	p2	→	q2	→	p3	→	q3
معطاة		إشتقاق		إشتقاق		إشتقاق				إشتقاق

(شكل ٨-٦)شبكة الإستدلال

كما تعرف مجموعة القيم التى تحدد المتغيرات فى إسناد ما على أنه المجال الكلى(او عالم) لهذا المتغير(Universe) وبذلك يمكن القول بأنه :

" يتساوى إسنادان إذا كان لكل منهما نفس القيم الحقيقية التى تحدد المتغيرات فيها "

(٨-٨-١) الإسنادات المعتمدة على الأرقام (Numerically Based Predicates)

إذا فرضنا المعادلة الجبرية الأتية :

y^2-3=6

والتى يمكن أن تمثل أحد الإسنادات المحتوية على المتغير(y) وبذلك يكون المجال الكلى لهذا الاسناد مساويا" لمجموعة من الأرقام الحقيقية، وعند إختيار القيم y=-3, y=3 فإن هذا الإسناد يكون صحيحاً، ومن الممكن كتابة الإسناد بطريقة أخرى مكافئة كمايلى :

(y+3) (y - 3) = 0

وإذا كان المجال الكلى(Universe) للمتغيرات فى دالة إسنادية محدداً فإن هذه الدالة يمكن أن تأخذ شكل جدولى (Tabular Form) .

(٨-٨-٢)الإسناد ذو المتغير الواحد (Unary Predicate)

تستخدم الإسنادات ذات المتغير الواحد لتعريف علاقة واحدة مثال ذلك، إذا أردنا أن نوصف العلاقة الاسنادية إمكانية التحرك(may move) التى ترتبط بالاشياء المتحركة كمايلى :

may_move (Object)

فإن (may_move) هو الإسناد والشئ المتحرك (Object) هو المتغير الواحد التى يمكن ان يأخذ قيما مختلفة كمايلى :

Object = { man , horse , car , mountains }

من الواضح أن العلاقة الإسنادية (may_move) تكون ذات قيما حقيقية (True) فى الثلاث حالات الأولى(man,horse,car) وخاطئة (False) فى الحالة الأخيرة (mountains).

ويمكن إستخدام الإسناد ذو المتغير الواحد فى بناء إسنادات ذات متغيرات متعددة (n_place predicate) كما هو مبين فى العلاقة الثنائية التى تصف أن الشئ الأول (Object l) يقع لاحقا من (next_to) الشئ الثانى(Object 2) كمايلى :

next_to(Object 1,Object 2) .

علما بأن المتغيرات (Object 1, Object 2) يمكن أن تأخذ قيما مختلفة.

أو يمكن أن تأخذ الشكل :

on_top_of(Support,Object)

لوصف مجموعة من الدعائم (Support) التى تحمل فوقها مجموعة من الاشياء أو الكيانات (Objects) بحيث تحمل كل دعامة أحد الأشياء .

(٨-٨-٣) إختيار التمثيل للإسنادات (Choosing Predicate Representation)

إذا فرضنا أن هناك دائرة كهربية تحتوى على أربعة خطوط (lines) لنقل التيار الكهربى ، وان كل خط من الخطوط مزود بقاطع للدائرة (circuit - breaker) والذى يتولى فتح الدائرة لقطع التيار عند الحاجة لذلك أو عند زيادة التيار زيادة كبيرة فوق القيمة المسموح بها كما فى شكل (٨-٧) وأردنا ان نقوم بتشفير (Coding) وتمثيل الجملة التى توضح أن القاطع المركب على الخط الرابع مفتوح :

(the circuit-breaker in line 4 is open)

بسلسلة من الإسنادات المختلفة الشكل كالأتى :

١ - الشكل الأول : is_open (circuit-breaker,line 4)

٢ - الشكل الثانى : circuit-breaker (line 4 , open)

٣ - الشكل الثالث : line 4 (circuit-breaker , open)

والتى يمكن تفسيرها من خلال المنطق الإسنادى بالعلاقات الثنائية الأتية :

```
is_open(What,Where ) ,
circuit-breaker(Where,Status ),
line 4(Protection , Status ) .
```

حيث تشتمل المتغيرات على مايلى :

```
What = { circuit-breaker,disconnect - switch,line-itstef}
Where = { line 1 , line 2 , line 3 , line 4 }
Status = { open , close }
Protection = { circuit - breaker , relay , recloser }
```

وغالبا يجرى تعريف وتشفير العلاقات بإستخدام الفعل أى فى الشكل الأول.

(٨-٨-٤) الإسنادات والجمل المركبة (Predicates and Compound Statement)

يمكن إستخدام الإسنادات لتكوين جمل مركبة كمايلى :

إذا فرضنا أن علاقة الأبوة تمثل رمزيا فى الشكل(P) وان الأب (X) و الأبن (Y) وكذلك الأب (Y) والأبن (Z) فانة يمكن كتابة العلاقات الاسنادية الأتية :

```
P(X,Y)
P(Y,Z)
```

فإذا فرضنا أن العلاقة الإسنادية بين الجد والحفيد هى (S)، فإنة يمكن كتابة الجملة المركبة الآتية والتى تأخذ شكل قاعدة (Rule) للتضمين الشرطى والتى تفيد أن : " إذا كان (X) هو الأب للشخص (Y) وأن الشخص (Y) هو الأب للشخص (Z)، فتكون النتيجة أن (X) هو الجد للشخص (Z) " ، وتكتب كمايلى :

P(X,Y) AND P(Y,Z) ➔ S(X,Z).

(٨ -٩)محددات الكمية (Quantifiers)

للتقدير والتحديد الكمى يمكن إستخدام محددات الكم (All , Some) كما هو مبين فى المثال التالى :

إذا فرضنا الجمل الآتية :

All (A) are (B) ,
Some(A) are (C) .

حيث توضح مفهوم الجملة الأولى أن كل(A) يكون (B) وتوضح الجملة الثانية أن بعض (A) يكون (C) وبذلك يمكن إستخراج العلاقات الآتية :

1- All (every) (A) is a (B)
2- No (A) is a (B)
3- Some (at least one) A is not (C)
4- Some (at least one) A is (C)

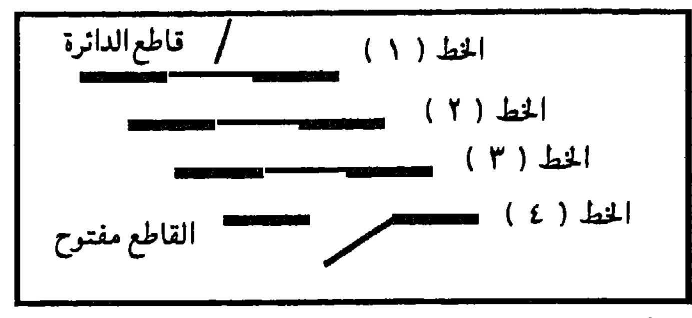
وبذلك يمكن تعريف (All),(No) كمحددات كمية كلية (Universal Quantifiers) وكذلك(Some) كمحدد جزئى (Existential Quantifiers) والتى تعنى أنه على الأقل يوجد واحد فى هذة الكمية له الصفة (C) ، ويمكن شرح عمل محددات الكمية فى المثال التالى :إذا فرضنا أننا نحاول أن نكون قاعدة بيانات رمزية لوصف الشئ المتحرك بأنه لايمكن أن يرى ثابتا والتى تأخذ الشكل الاتى :

" Any object that is observed to be moving
cannot be stationary "

والتى يمكن كتابتها فى شكل قاعدة للتضمين الشرطى كما يلى :

observed-moving(Object) ➔ Not Stationary (Object)

والتى تعنى الحقيقة أن جميع الكيانات المتحركة لايمكن أن تكون ثابتة. ويمكن كتابة محددات الكمية الكلية فى الشكل الآتى : (AX) p(X)



شكل(٨-٧) دائرة كهربية تحتوى على قواطع للتيار

حيث يمكن نطقها كما يلى :

" لكل قيم(X) فإن الإسناد (P) يكون صحيحا "، ومن الواضح أن العلاقة الإسنادية (P) لاتعتمد على قيمة المتغير(X) والتى تعنى كذلك أن الجملة تكون صحيحة لكل قيم المتغير. وتختلف الصورة بالنسبة لمحددات الكمية الجزئية والتى تعنى أنة على الأقل توجد قيمة واحدة تجعل الاسناد صحيحاً والذى يمكن كتابته فى الصورة الاتية :(SX) p(X)

حيث يمكن قراءته كما يلى : " لبعض قيم (X) يكون الإسناد صحيحا " أو توجد قيمة و احدة للمتغير (X) تجعل الاسناد (P) صحيحاً.وتستخدم محددات الكمية فى ربط المتغير بالدوال الإسنادية كزوائد أولية.

(٨-٩-١)تكافؤ الإسنادات المحددة الكمية

(Equivalence of Quantified Predicates)

يمكن عقد التكافؤ بين الإسنادات المحددة الكمية بإستخدام ادآة النفى(NOT) كما هو مبين فى المثال التالى : NOT((A X) P(X)) =(SX) NOT P(X).

أو فى الشكل التالى : NOT((SX) P(X)) = (AX)NOT P(X) .

ويمكن الحصول على جمل تحتوى على محددات الكمية مع قاعدة التضمين الشرطى فى الشكل التالى : (AX) P(X) ➡ P(a)

حيث (a) هو المجال الكلى للمتغير (X) . ويمكن كتابتها بطريقة اخرى كمايلى :

P(a) ➡ (SX) P(X)

(٨-٩-٢) التكرار بإستخدام النفى (Tautology)

عند إثبات النظريات يمكن إستخدام الإعادة المتكررة للإسناد نفسه بإستخدام النفى فمثلا يمكن كتابة : (NOT) P(OR)

والتى تمثل تكرراً يكون حقيقيا دائما بصرف النظر عن قيمة الإسناد(P)، كما يمكن

كتابة : P(AND) (NOT) P

لتكون خطأً دائما حيث تمثل التضاد أو العكس لشئ و احد. ومما سبق توضيحه من فروض تعتبر الأساسيات للإطار العام للرياضيات المنطقية والتى يمكن إستخدامها فيمايلى :

١- الحصول على أو إنتاج حقائق جديدة من حقائق معرفة .

٢- اثبات صحة أو عدم صحة فرض معين .

٣- اثبات نظرية ما.

وبذلك يمكن القول بأن القدرات الحسابية المنطقية الرمزية هى صندوق الآليات لتقنيات الإستدلال (Toolbox of Inference Techniques)

(٨-٩-٣)اللغة المنطقية أحادية الرتبة

لإستخدام اللغة المنطقية أحادية الرتبة يمكن كتابة التعريفات الأتية :

١ - يعرف الحد(Term)بأنه القيمة الثابتة أوالمتغيرة أو الدالة المحتوية على عدد من المتغيرات.

٢ - تعرف الدالة (Function) بأنها مجموعة من الحدود التى تبدأ بدليل(Functor) والذي غالبا ما يكون رمزاً أو أسماً و الذى يدل على معنى هذه الدالة .

٣ - يعرف الإسناد على أنه مجموعة من الحدود المسبوقة برمز إسنادى كمسمى .

٤ - باستخدام أدوات الوصل المنطقية وتطبيق الشروط على هذه الحدود والدوال والاسنادات فإنه يمكن الحصول على المعادلات التامة التركيب (Well - formed formula) وتعرف المعادلات التامة التركيب(Wffs) بأنها جمل أو إسنادات يمكن أن تأخذ الأشكال الآتية :

NOT a
a AND b
a OR b
a ➡ b
b ➡ a
Q (a)

حيث (a) ,(b) يمكن أن تكون جملا أو إسنادات أو معادلة أولية وتمثل(Q) محددات الكمية، وبذلك فإن المعادلات التامة التركيب تعتمد على الآتى :

أ- تعدد الإسنادات (N-Place Predicate) .

ب- الجمل البسيطة (Simple Statement) .

جـ- النفى (Negation) .

د- الضم (Conjunction) .

هـ - الفصل (Disjunction) .

و - التضمين الشرطى (Implication) .

ز- التحديد الكمى (Quantification) .

تعرف الجملة أو المعادلة المقفلة (Closed Formula) بأنها الجملة التى لاتحتوى على متغيرات حرة، فإذا إحتوت الجملة على متغيرات حرة فإنها تصبح تعبيرا (Expression) وبذلك يمكن تعريف لغة المنطق إحادى الرتبة كمايلى :

" إذا تم إستخدام المجال الكلى للمتغيرات لإستبعاد الدوال والاسنادات لإشتقاق جمل جديدة، فإن هذه الجمل الجديده تعتبر ممثلة بلغة المنطق الأحادى الرتبة " .

(٨-١٠)إيجاد الحلول للمشكلات (Problem Solving)

كما رأينا سابقا كيف يمكن إستخدام قاعدة التضمين الشرطى الإيجابى(MP) لتصميم قواعد البيانات المعتمدة على القواعد، وفيمايلى يتم دراسة إستخدام المنطق فى بناء ميكانيكية تستخدم لإيجاد الحلول للمشكلات بشكل عام. ومن أهم الموضوعات ما يلى :

١- الإثبات بالتحليل(Resolution) .

٢- التوحيد(Unification) .

(٨-١٠-١)الإثبات التحليلى أوالتفنيدى (Proof by Resolution (Refutation))

يمكن تعريف الإثبات بإستخدام طرق التحليل أو طرق التفنيد بأنه إستخراج بنود أو تعبيرات(clauses) جديدة من بنود أولية، وفى حقيقة الأمر فإن المنطق يساعد على الحصول على بنود جديدة قائمة بذاتها. ويعتبر الإثبات باستخدام طرق التحليل التفنيدى الأداة القوية والطرق الغير مباشرة لبناء ميكانيكية الإستدلال.

إن إستخدام أدوات الإثبات بطرق التحليل فى عملية الإستدلال تعتبر من عمليات محاكاة الدهاء (Subtle simulation) ، وكثيرا ما تستخدم هذه الطرق لإثبات أن مجموعة من البنود غير معتمدة على نفسها، وذلك بإستنتاج أو إشتقاق التضاد أو العكس المنطقى، بشرط أن تكون البنود فى شكل معادلات، كما يمكن إثبات أن بند من البنود يمثل حقيقة ما إذا كان هذا البند ضمن مجموعة من البنود التى تعرف بأنها حقيقية، وباستخدام أداة المنطق للنفى لا(NOT) والبحث عن العكس أو التضاد فإذا كانت النتيجة السالبة التى تم اشتقاقها غير

متوافقة مع قاعدة البيانات، فان هذا البند لايمكن أن يكون صحيحا .مثال ذلك إذا فرضنا أن القيمة(a) تمثل حقيقة وأن نفى هذه الحقيقة تعتبر حقيقة كذلك فإن التضاد (Contradiction) يصبح فى الشكل :

(a)AND NOT(a)

لابد أن يكون صحيحا ، ولتنفيذ ذلك تتبع الخطوات التالية :

أ - ترتيب بنود قاعدة البيانات فى شكل معادلات تامة التركيب (Wffs) .

ب - فرض النفى لحقائق قاعدة البيانات ووضعها فى الترتيب مع قاعدة البيانات الأولى.

جـ - البحث عن التضاد (Contradiction) لإثبات صحة الفرض .

ولوضع نظام إجرائى (Systematic Procedure) يتبع ما يلى :

١ - تحويل الجمل (Statement) الى قاعدة بيانات منطقية (logical d. base) وتحويل الفروض (Hypothesis) الى تعابير أو بنود (Clauses) .

٢- تحويل الجمل التامة التركيب والمحتوية على قواعد التضمين الشرطى ومحددات الكمية الى شكل يسهل تحليله كمايلى :

أ- التضمين الشرطى (q ➡ p) تحول الى الشكل :

((NOT P) OR q)

ب- التكافؤ أو التساوى (p = q) تحول الى الشكل :

((NOT P) OR q) AND(p OR (NOT q))

٣- تحليل البنود وذلك بإختيار كل بندين لإختصارهما الى بند واحد كمايلى :

a OR b T
a OR c T
b U c T

والتى تعنى أنة إذا كانت (a) أو (b) حقيقية وكانت كذلك (a) أو (c) حقيقية فإ ن (b) أو (c) تكون حقيقية كذلك. والتى يمكن أن تأخذ الشكل الأتى :

(a OR b) AND (NOT a OR b) ➡ (b OR c)

والتى تأخذ شكل قاعدة التضمين الشرطى والتى تعنى أنة إذا توفر الشرط (a) أو(b) ونفى(a) أو (b) فتكون النتيجة (b) أو (c) .

مثال للإستدلال بإستخدام التحليل:نفرض أن هناك قاعدة بيانات أولية (D1) والتى تحتوى على جمل صحيحة ومعتمدة على نفسها والتى تأخذ الشكل التالى :

1- P 1
2- P 1 ➡ q1
3- q 1 ➡ q 2

ويصبح إحراز او اصابة الهدف (Goal) هو إثبات أن (q2) صحيحة بإستخدام قاعدة البيانات (D1). ولإثبات ذلك تتبع الخطوات التالية :

أ - اضافة نفى (q2) فى شكل NOT q2 الى قاعدة البيانات (D1) لتصبح بعد التعديل (D2) كمايلى :

1- P 1
2- NOT P1 OR q1
3- NOT q1 OR q2
4- NOT q2

ومن (٢) ، (٣) يمكن إستخلاص أن :

q1 OR NOT p1
NOT q1 OR q2
NOT p1 OR q2

ب- وبإضافة البند الناتج من العملية السابقة الى قاعدة البيانات D2 تنتج قاعدة البيانات D3 كالآتى :

1- p1
2- NOT p1 OR q1
3- NOT q1 OR q2
4- NOT q2
5- NOT p1 OR q2

ومن (٤)،(٥) يمكن إستخلاص الآتى :

NOT q2
q2 OR NOT p1
NOT p1

جـ- وبإضافة البند الناتج من العملية السابقة الى قاعدة البيانات D3 تنتج قاعدة البياناتD4 الآتية :

1- p1
2- NOT p1 OR q1
3- NOT q1 OR q2
4- NOT q2
5- NOT p1 OR q2
6- NOT p1

د – من (1) , (6) يمكن إستخدام معادلة التضاد (Contradiction) كمايلى :

NOT p1 AND p1

وبالحصول على معادلة التضاد فإن هذا يعنى أن إضافة النفى(NOT q2) الى قاعدة البيانات(D1) لايعطى نفس النتيجة (Inconsistent) وبذلك تكون (q2) حقيقية (True) ويمكن القول بأنه إذا تم إضافة النفى ولم نحصل على معادلة التضاد فإن ذلك يعنى أنه خطأ والتى تشير الى عدم صحة الفرض .

(٨-١١)التوحيد (Unification)

التوحيد هو منظومة إجرائية تستخدم لتحديد قيم المتغيرات فى الجمل والإسنادات والمعادلات التامة التركيب (Wffs) . حيث أن القيم الحقيقية للإسنادات تعتبر دالة فى القيم الموصفة لهذه الإسنادات ولذلك فإن إيجاد القيم للمتغيرات سوف تثبت حقيقة هذه الجمل أو الاسنادات. ويعتبر التوحيد عملية أساسية فى تصميم ميكانيكية الإستدلال فى الذكاء الإصطناعى وتعتبر كذلك القلب المحرك للغة البرمجة المنطقية، وتعتمد عملية التوحيد على تنظيم عملية التعويض(Substitution). ويمكن تعريف عملية التوحيد بأنها محاولة إثبات أن التعبيرين متساويين وذلك بإيجاد القيم المناسبة للمتغيرات بالتعويض أو الربط التى تجعل التعبيرين متساويين، كما يعرف التعويض بأنة التحديد لقيم المتغيرات بحيث لا يحصل متغير على قيمتين مختلفتين، وبذلك يمكن إتباع القاعدة الآتية :

" تعتبر مجموعة من التعبيرات أو البنود متوحدة(Unifiable) إذا توفر الشرط القاطع (if and ony if) بأن يكون هناك تعويض واحد على الأقل يجعل هذة التعبيرات متشابهة أو متساوية ". وعند إستخدام التعويض السابق لمرحلة التوحيد فإنة يمكن إحلال المتغير بقيمة ثابتة أو بقيمة متغيرة أو بدالة لاتحتوى على متغيرات وذلك لتجنب حدوث الدخول فى تسلسل دائرى.

(٨-١١-١) قواعد التوحيد (Unification Rules)

يمكن إستخدام القواعد الآتية فى عملية التوحيد :

أ – يتوحد عنصران (ذرتان) فى شكل ثوابت أو متغيرات إذا تشابها .

ب – تتوحد قائمتان أو تعبيران (يمكن تحويلهما الى قائمتين) إذا تشابها . جـ- يتوحد الثابت مع المتغير الغير محدد على قيمة بحيث يتم ربط المتغير بالقيمة المحددة للثابت .

د– يتوحد متغيرغيرمحدد مع متغيرمحدد القيمة وذلك بإحلال التحديد للمتغير الأول.

هـ- يتوحدمتغير محدد القيمة مع قيمة ثابتة إذا كانت القيمة المحددة مشابة للقيمة الثابتة.

و- يتوحد متغيران غير محددى القيمة إذا تم لأحدهما تحديد القيمة فى مرحلة سابقة حيث يأخذ المتغير نفس القيم المحددة للمتغير الأول.

(٨-١١-٢)التعويض والربط (Substitution and Binding)

قبل إجراء عملية التوحيد يلزم أولا التعويض وربط قيم للمتغيرات مثال ذلك : إذا تم إحلال الثابت(C1) محل المتغير (V1) والتى تكتب فى الشكل (C1/V1) والتى تعنى أنه تم ربط المتغير(V1) بقيمة الثابت (C1) ، وإذا تم كذلك إحلال المتغير (V1) محل المتغير (V2) والتى يمكن أن تكتب فى الشكل (V1/V2) فإن مجموعة التعويضات (S) (Substitution Set) سوف تكون فى الشكل :

S = (C1/V1) , (V1/V2) = (C1/V2)

فإذا فرضنا أن هناك جملة ما وتم إستخراج مجموعة التعويضات (S) فى الشكل :

S=(ti/Ri) , i = 1,2,3 , ...n

حيث يتم إحلال (Ri) محل(ti), فإذا فرضنا كذلك أن هناك جملتين (P2,P1) ويراد توحيدهما ،ولتنفيذ ذلك يتم إستخراج مجموعة التعويضات لكل منهما (S2),(S1) .

وتصبح عملية التوحيد تامة إذا كانت مجموعة التعويضات الأولى(S1) مساوية لمجموعة التعويض الثابتة (S2) أى أن :

P1S1=P2S2

IF S1 = S2

THEN P1 = P2

وبذلك يمكن إقرار القاعدة التالية : تتوحد جملتين إذا كانت مجموعة التعويض للمتغيرات (S) لكل منهما مساوية للأخرى.

(٨-١١-٣)خوارزميات التوحيد (Unification Algorithms)

لفهم عملية التوحيد وإشتقاق الخوارزميات لها فان ذلك يتضح فى المثال التالى :

نفرض أن هناك جملتان (b),(a) تامتان ا التركيب(Wffs) وأن هذه الجمل يمكن كتابتها فى شكل قوائم لتصبح القائمة الأولى (List-a) والقائمة الثانية (List -b) . ويراد تصميمالخوارزمات (U2),(U1) لإجراء عملية التوحيد بين القائمتين على أن :

١ - تكون النتيجة النهائية هى الحصول على قائمة التعويض أو قائمة الربط (S) كقائمة صفرية (Nil) أو قائمة خالية (Empty) وذلك فى حالة تساوى وتماثل القائمتين، ولجاح التوحيد.

٢ - إذا لم تتم عملية التوحيد فإن النتيجة تؤدى الى عدم النجاح (FAIL) .

٣ - تكون طبيعة الخوارزم المستخدم تكرارية (Recursive) وأن تتم عملية التوحيد على أساس عنصرا بعنصر (Element by element) ويبين الشكل (٨-٨) خرائط التدفق (Flow Chart) للخوارزم (U1) والذى يتكون من جزئين D1,D2 حيث يكون المطلوب التوحيد بين القائمتين.

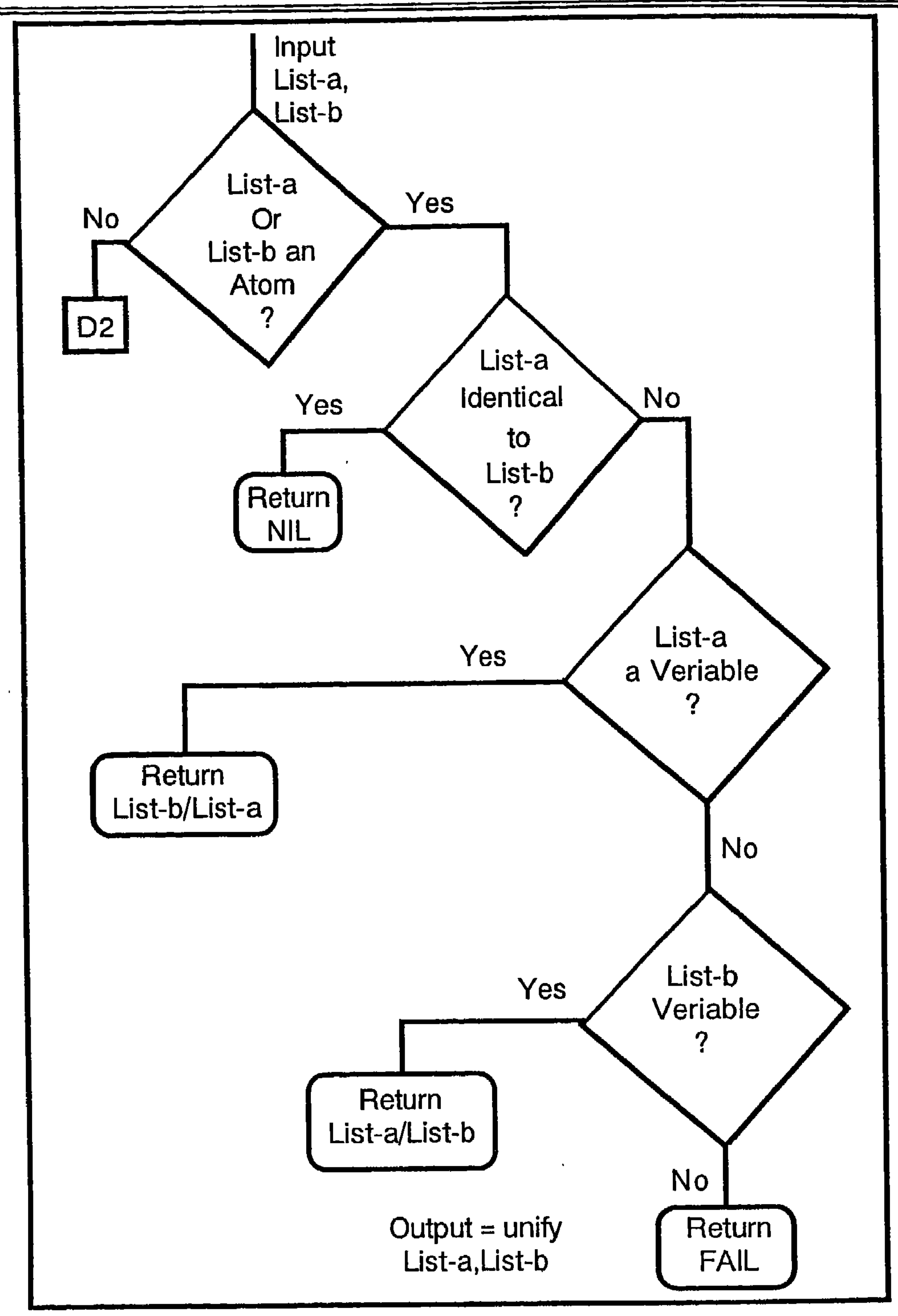
ويمكن كتابة الخوارزم (U1) باستخدام تعبيرات لغة الباسكال كمايلى :

```
    PROCEDURE UNIFY1 (List1,List2);
    BEGIN
    IF List-a or List-b consist of a single element (an atom)
      THEN
          IF List-a and List-b are identical
            THEN return empty  list, NIL {no substitutions}
          ELSE
                IF List-a is a variable
                  THEN return (List-a/List-b)
                ELSE IF List-b is a variable
                        THEN return (List-a/List-b)
                     ELSE return FAIL;
ELSE { not atoms ; must be in lists }
  BEGIN
  Head1 :=1st element of List-a ;
  Rest1:=rest of List-a;
  Head2:=1st element of List-b;
  Rest2:=rest of List-b;
  M1:=UNIFY1 ( Head1 , Head2);
  IF M1 = FAIL
     THEN return FAIL
     ELSE
       BEGIN
          Rest1:= apply (M1,Rest1) ; apply substitution M1
          Rest2:= apply (M1,Rest2);to Rest1 and Rest2
          M2 := UNIFY1 (Rest1 , Rest2);
          IF M2 = FAIL
            THEN return FAIL
            ELSE return composite of M1 and M2
         END
  END;END; { UNIFY }
```

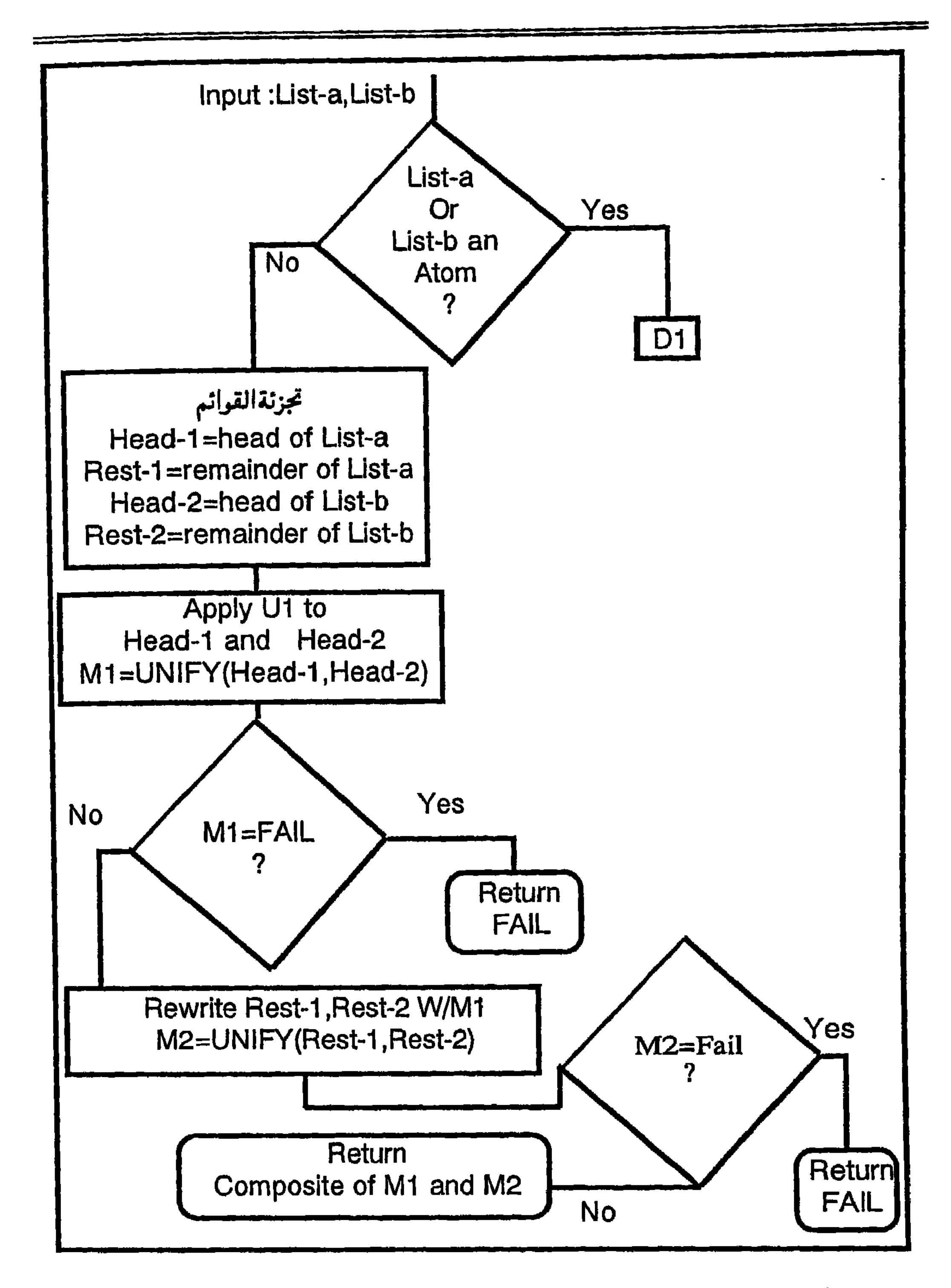
من خريطة التدفق شكل (٨-٨) وشكل (٨-٩) يمكن وضع الملاحظات التالية :

١ - يتم إتخاذ التوحيد بين عنصرين أوليين (Single atomic element) كأساس لبناء الموحد مع إمكانية تطبيقه بعد ذلك على القوائم المركبة من اكثر من عنصر وذلك بتجزئتها بالتعاقب (Successive Substitution) الى عناصر أولية يسهل إجراء عملية التوحيد عليها وإستخدام التكرار فى ذلك.

٢ - يتفرع الموحد(U1) الى فرعين طبقا لعدد العناصر فى القوائم فإذا كانت القائمتان ذاتا



(شكل (٨-٨)خريطة التدفق للجزء الأول (D1)من الموحد(U1)



شكل (٨-٩)خريطة التدفق للجزء الثانى (D2) من الموحد (U1)

عنصر واحد فاننا نتبع الفرع(D1) وإذا تعددت العناصر فاننا نتبع الفرع (D2).

٣ - إذا كان العنصر فى القائمتين متماثلا(Identical) فإن ذلك ينهى العملية بنجاح وتكون النتيجة قائمة صفرية (NIL) .

٤ - إذا كان كل عنصر فى القائمتين معبرا عن ثابت متماثل فإن التوحيد يتم بنجاح ونحصل على القائمة الصفرية (NIL) وإذا لم يكونا متماثلين فإن العملية لاتكون ناجحة (FAIL).

٥ - إذا كان كل عنصر فى القائمتين معبرا عن نفس المتغير فإن عملية التوحيد تنتهى بنجاح ونحصل كذلك على القائمة الصفرية .

٦ - إذا كان العنصر فى القائمة الأولى متغيراً أو العنصر فى القائمة الثانية متغيراً فاننا نحصل على قائمة التعويض فى الشكل (List-b/List-a) أو (List-a/List-b) .

٧ - يمثل الفرع (D2) عملية التوحيد بين قائمتين متعددتين العناصر حيث يجرى فصل العنصر الأيسر من كل قائمة على أنه رأس لها اى (Head-1,Head-2) ثم يجرى تطبيق الجزء الأيمن(D1) من خريطة التدفق عليها ، وتصبح العملية معقدة حيث يتم استخدام نتيجة التعويض فى خطوة ما فى الخطوة التى تليها.

٨ - يتم كتابة المتبقى من القوائم(Rest-1,Rest-2) وذلك بإحلال المتغيرات مع قيم التعويض السابق الحصول عليها فى الخطوة السابقة كمايلى :

إذا فرضنا ان(M1) هى قائمة التعويضات فى الخطوة السابقة فإنة يجرى استخدامها فى التعويض فى المتبقى من القوائم كمايلى :

Apply M1 to Rest-1
Apply M1to Rest-2
M2=U1(Rest-1,Rest-2).

مثال : لإجراء عملية التوحيد لقائمتين باستخدام (U1) .

نفرض ان هناك قائمتان تأخذان شكل المعادلات التامة التركيب (Wffs) فى الصورة الآتية :

List-a = (question What is)
List-b = (question has What)

من الملاحظ أن كلمة المتغير (What) تظهر فى كل من القائمتين وتجرى عملية التوحيد كمايلى :

١ - يتم فصل العنصر الأول من كل قائمة كرأس لها ، فى هذه الحالة فإن الرأس فى الحالتين واحدة وهي كلمة (question) ويعقد الربط بين الرأسين وتصبح قائمة التعويض قائمة

صفرية (NIL) وهى أو ناتج لعملية التوحيد .

٢ - عند إجراء التعويض بالقائمة الصفرية مع المتبقى من القائمتين فإن ذلك لا يغير من الامر شيئاً ويظل المتبقى كما هو.

٣ - يصبح المتبقى من القائمتين كمايلى :

Rest-1 = (What is)
Rest-2 = (has what)

ويتطبيق (U1) على كل من المتبقى للقائمتين فإننا نحصل على قائمة التعويض :

M1 = (has / What)

والتى تعنى أنه فى هذه الخطوة قد تم ربط قيمة المتغير(What) بالقيمة (has) .

٤ - وعند تطبيق (M1) على المتبقى من القائمتين تصبح كمايلى :

M1 (is)
M1 (What)

فان ذلك يعطى قائمة جديدة :

(is)
(has)

وتصبح عملية التوحيد غير ناجحة (FAIL) حيث أن قيمة الثابت للمتغير (What) ليس لها قيمة و احدة فى الحالتين.

(٨-١١-٤)التوحيد بمقارنة قوائم الربط

(Unification by Checking the Binding Lists)

يمكن استخدام مقارنة قوائم التعويضات أو الربط لإجراء عملية التوحيد وفيمايلى الخوارزم الثانى(U2) الذى تم كتابتة بإستخدام تعبيرات لغة باسكال :

```
PROCEDURE unify2(List-a,List-b);
BEGIN
   IF List-a or List-b consist of a single element (an atom)
   THEN
       IF List-a and List-b are identical { indicates same variables
         case}
       THEN return empty list , NIL {no substitutions}
       ELSE
         IF List-a or List-b are variables { logical OR}
         THEN sequentially check the following cases and take the cor-
            responding action ;
           CASE:
           1.List-a unbound variable : return (List-b / List-a)
           2.List-b undound variable : return (List-a/ List-b)
            {Otherwise List-a and List-b must either be bound or not
            variables}
           3.(List-a or binding on List-a)consistent with (List-b or bind-
```

```
        ing on List-b):return NIL
      4.return FAIL
      ELSE return FAIL {not identical and neither is a variable }
      ELSE {not atoms ; must be lists}
      BEGIN {decimate input lists}
         Head1:=1st element of List-a;
         Rest1:=rest of List-a;
         Head2:=1st element of List-b;
         Rest2:=rest of List-b;
         M1:=unify2 (Head1,Head2);
         IF M1=FAIL
         THEN return FAIL
         ELSE
         BEGIN
            M2:=_unify2 (Rest1,Rest2);
            IF M2 = FAIL
            THEN return FAIL
            ELSE form new binding list as composite of M1 and M
               and return it
         END;
      END;
END ;{UNIFY}
```

والذى يوضح مقارنة قائمة التعويض بعد كل خطوة .مثال : إذا فرضنا القائمتين الآتيتين :

P1 = (block_1 left block_2)

P2 = (A left_of B)

فإن قائمة التعويض اللازمة للتوحيد بين القائمتين هى :

S={(block_1 / A),(blick_2 /B)}



الفصل التاسع

نظم الاستدلال
المعتمدة على القواعد

Rule - Based
Inference Systems

(٩-١) نظم الإنتاج (Production Systems)

تعتبر نظم الإنتاج أحد النظم الشائعة الإستخدام لتمثيل ومعالجة المعلومات، حيث يمكن الوصول إلى الحلول للعديد من تطبيقات الذكاء الإصطناعى باستخدام المعالجة الرمزية، وتعتبر هذه الأنظمة بسيطة المفهوم ويمكن تجهيزها فى شكل برامج جاهزة او مولدات للتطبيقات لتتيح الإستخدام بدون الحاجة إلى مبرمجين أو متخصصين فى التطبيقات المختلفة للذكاء الإصطناعى. مثال لذلك قاعدة الإنتاج (OPS5) .

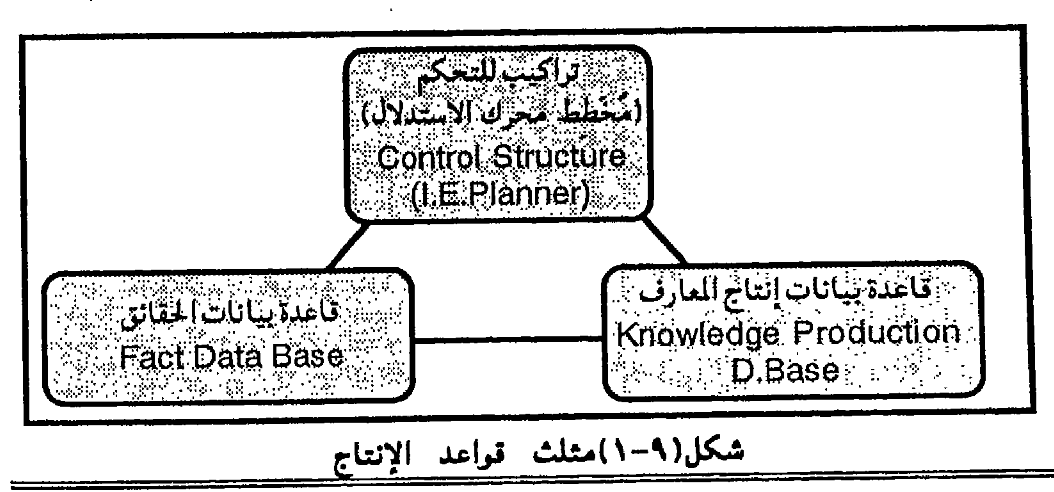
يبين شكل (٩ -١) مثلث نظام قواعد الإنتاج، حيث يتكون النظام ممايلى :

١ - قاعدة بيانات الحقائق (Facts Data Base)

٢ - قاعدة بيانات انتاج المعارف (Knowledge Production D.B.) والتى تكون مجموعة من النواتج (Productions) فى شكل قواعد (Rules) والتي تعمل علي تطوير قاعدة البيانات الأصلية حيث تصبح قابلية تنفيذ هذه القواعد مشروطة بوجود الحقائق فى قاعدة البيانات الاصلية.

٣ - تراكيب للتحكم والتي يطلق عليها ميكانيكية تحكم (Control Mechanism) ومترجم ومفسر للقواعد (Rule Interpreter) الذى يحدد قابلية تنفيذ القواعد فى قاعدة البيانات الجارية وإختيار القواعد المناسبة وتحليل التضارب الذى قد يظهر عند تنفيذ إنتاجين أو اكثر فى نفس الوقت.

ان الإستنتاج لقاعدة ما فى نظام قواعد الإنتاج يتطلب توصيف مجموعات ثنائية من التضمين الشرطى(IF- THEN) الذى يتحقق من خلال الحقائق المدخلة التى يمكن أن تأخذ شكل القوائم كما فى لغة ليسب حيث يتم اجراء التوافق بينهما، وبذلك يتبين اعتماد نظم الإنتاج



شكل(٩-١)مثلث قواعد الإنتاج

بالدرجة الأولى على التضمين الشرطى الذى يؤدى بدوره إلى إستنتاج قواعد جديدة من الحقائق المعرفة فى مجال ما، ومن هنا جاء تعريف النظم الخبيرة (Expert Sytems) على أنها جزء من قواعد الإنتاج فى مجال معين .

مما سبق يمكن تعزيف لغة البرمجة المنطقية برولوج مثلا علي انها نظام مبنى على القواعد (Rule Based System) التى تعمل من خلال الحقائق والقواعد للوصول إلى احراز هدف ما، علاوه علي كونها لغة برمجة مبنية على الإسلوب المنطقى.

(٩-١-١)محرك الإستدلال أو الإستنباط (Inference Engine)

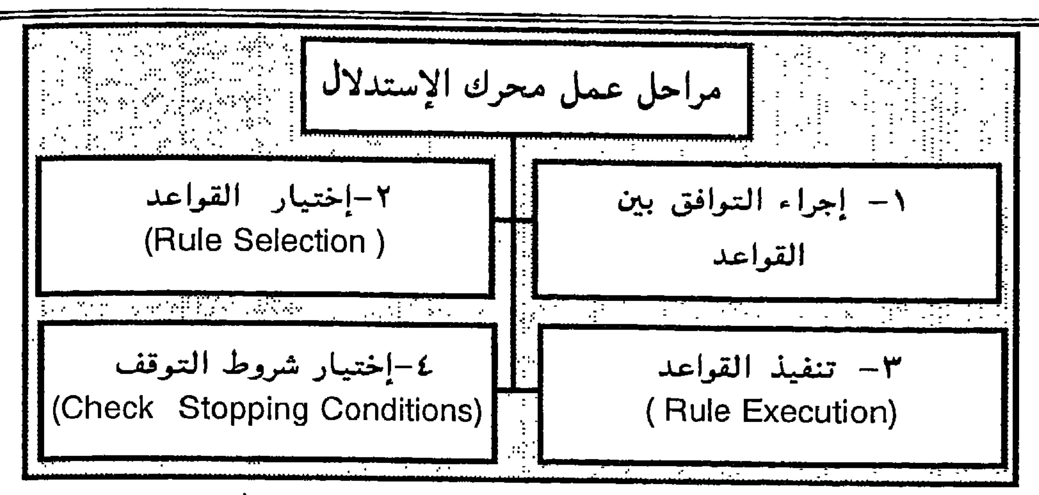
يعتبر محرك الإستدلال وقاعدة البيانات للحقائق(Fact D.B) قلب نظام الإنتاج المعتمد على القواعد(RBS)، حيث تعتبر قاعدة البيانات هى ميدان العمل لمحرك الإستدلال، واذا تم إعتبار محرك الإستدلال كآلة ذات مراحل عمل معينة منتهية، فان مراحل العمل لهذه الآلة كما فى شكل(٩-٢) تشمل مايلى:

١ - إجراء التوافق بين القواعد (Rule Matching) .
٢ - إختيار القواعد (Rule Selection) .
٣ - تنفيذ القواعد (Rule Execution) .
٤ - إختيار شروط التوقف عند إحراز الهدف (Check Stopping Conditions)

بذلك يمكن إعتبار مراحل عمل محرك الإستدلال على انها عملية إنضباطية (itrative) تتحكم فى استنتاج قواعد جديدة كما فى التسلسل الامامى (Forward Chaining) أو التحقق من المعلومات الإفتراضية كما فى التسلسل الخلفى (Backward Chaining) .

تعتبر عملية إجراء التوافق هى الأساس فى بناء محرك الإستدلال حيث يجرى تشفير(coding) المعلومات الأكثر عمومية بقواعد معرفة بإستخدام المتغيرات وميكانيكية ملائمة للتوحيد. كما أنه يمكن إعتبار عملية إختيار القواعد عملية حرجة فى الأداء لمحرك الإستدلال لإشتمالها على مايلى:

١ - إختيار القواعد المناسبة والقابلة للتطبيق.
٢ - إختيارأنسب القواعد التى تنتج الحل المناسب للمشكلة قيد الحل بدون إستخدام طرق البحث المضنية أوإستخدام نظرية الاحتمالات.
٣ - تحليل حالات القواعد التى تسبب تضارب وتضاد وإختيار المناسب منها.



شكل (٩-٢) مراحل عمل محرك الإستدلال

(٩-١-٢) السمات العامة لنظم الانتاج (Features of Production Systems)

تعتبر الخواص الآتية من السمات العامة لنظم الانتاج المعتمد على القواعد:

١- سهولة تحديث القواعد والحقائق مثل الاضافة والحذف فى قاعدة البيانات.

٢- سهولة الوصول الى قاعدة المعرفة فى شكل قابل للقراءة.

٣ - المرونة فى المعالجة.

٤ - سهولة تتبع عمل ميكانيكية الاستدلال.

٥ - الإستخدام القياسى لتمثيل المعلومات وكذلك عملية الاستدلال.

٦ - قابلية إستخدام البرامج التطبيقية الجاهزة.

ومن السلبيات لهذه النظم مايلى:

١ - صعوبة التنبؤ بسلوك النظام بشكل محدد.

٢ - من الصعوبة لدفع ترتيب تتابعى إنتاجى معين وذلك على خلاف لغات الأمر.

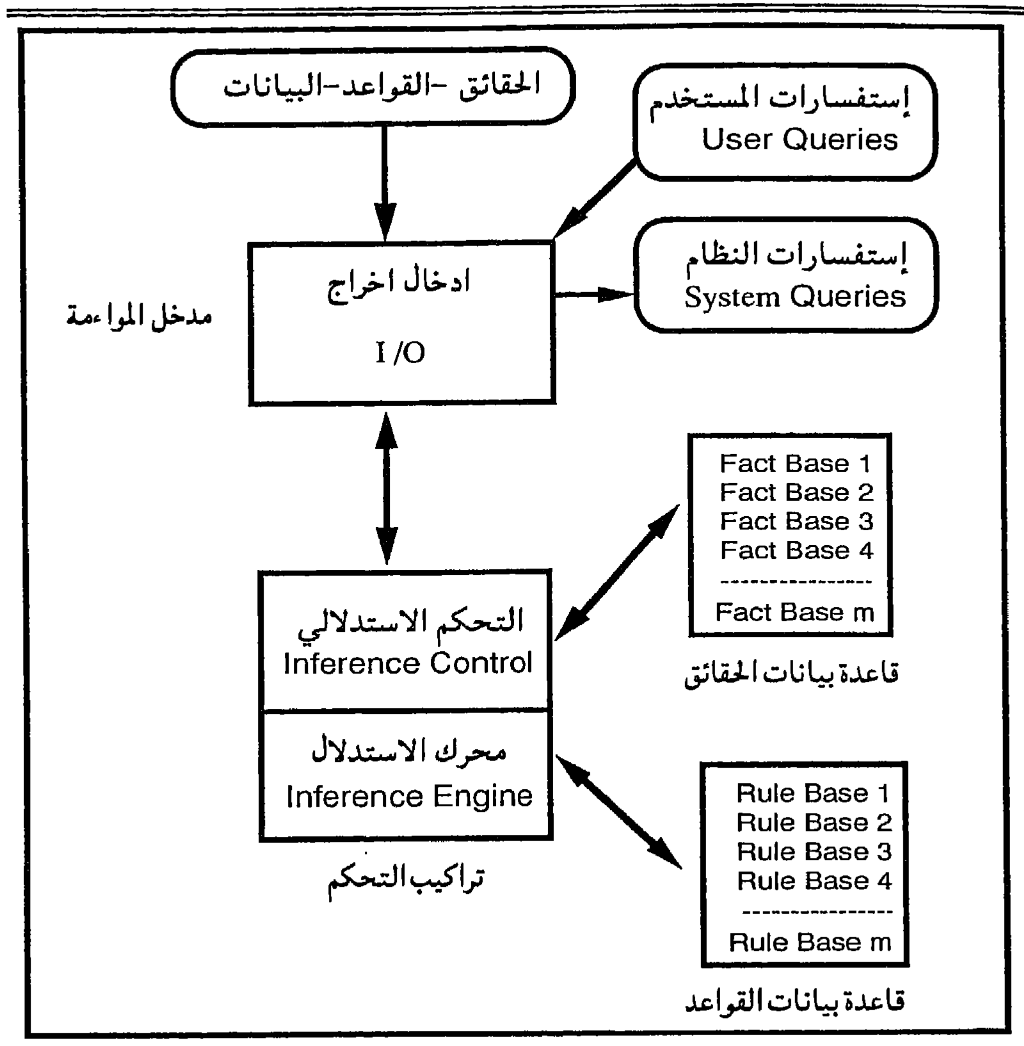
٣ - عدم قابلية التطويع لكثير من التطبيقات.

ويبين شكل (٩-٣) معمارية نظام إنتاج معتمد على القواعد والذى يمثل نظام للخبرة.

(٩-١-٣)محرك الإستدلال وإيجاد الحل للمشكلات

(Inference Engine & Problem Solving)

عند تجهيز نظام للانتاج من خلال إستخدام التسلسل الامامى او التسلسل الخلفى او كلاهما معاً فإن شبكة الاستدلال الناتجة تشرح ان محرك الاستدلال سوف يقوم باستخدام مسار او اكثر لمجموعة الحقائق لتحقيق هدف ما ، كما يحدث هذا ايضا فى حالة التسلسل الخلفى، وبذلك تظهر



شكل(٩-٣) معمارية نظام إنتاج معتمد علي القواعد

اعداد كبيرة من المسارات الزائدة او الغير منتجة، لذلك يجب ان يراعى عند تصميم هذه الآلة ان تكون كل المعلومات ذات الخصائص التبادلية والتحليلية متاحة للتطبيق لتجنب حدوث ذلك.

(٩-١-٤) خصائص نظم الانتاج (Production System Properties)

يعتبر المفهوم النظرى والتطبيقى لنظم الانتاج من الوضوح بحيث ان قاعدة البيانات ومجموعة القواعد المستخدمة هى التى تحدد الشكل العام لمحرك الاستدلال وميكانيكية الاستنباط المحتمل إستخدامها، كما ان كثير من الخصائص تعود الى التطبيق الأمثل للقوانين والقواعد المستخدمة. وفيمايلى بعض الخصائص :

١ - القواعد القابلة للتنفيذ والنظم الإبدالية :

تعتبر النظم الابدالية من النظم المتخصصة ويمكن القاء الضوء على هذه النظم كمايلى:
اذا قمنا بتمثيل القاعدة القابلة للتنفيذ بالحرف (D) فى قاعدة البيانات فإن نظام الانتاج الإبدالى يتميز بالخواص الآتية:

أ - تعتبر أى قاعدة قابلة للتنفيذ على (D) قابلة للتنفيذ على أى قاعدة بيانات مشتقة من (D)، كما يحتمل انتاج قواعد اخرى تكون لها نفس قابلية التطبيق.

ب - اذا تحقق الهدف بتطبيق القاعدة على (D) فإنه يتحقق كذلك على اى منتج لقاعدة البيانات بتطبيق القواعد المنتجة والقابلة للتنفيذ على (D).

جـ - تأخذ قاعدة البيانات المتولدة من التشغيل المتتالى للقوانين القابلة للتنفيذ على (D) نفس الشكل التبادلى فى التشغيلة المشتقة او الوسيطة التى تصل الى احراز الهدف.

تتضح اهمية وجود نظام إنتاج مع خاصية ابدالية فى المثال الآتى :
نفرض ان هناك قاعدة بيانات تحتوى على عدد (٥) حقائق وعدد (٦) قواعدوالممثلة فى الخطوة (١).

٢ - للوصول الى تحقيق الهدف (h) الذى يتمثل فى القواعد (الاولى والثانية) فإننا سوف نقوم بعرض اربع شبكات إستدلالية ابدالية لتحقيق نفس الهدف والمبينة فى الخطوة (٢).

ومن هنا نرى انه طبقاً لخاصية الابدال فإن الترتيب يكون غير ضرورى، وتتضح الاهمية الازدواجية كمايلى:

١ - لايؤخذ فى الاعتبار تطبيق كل تبديلات ترتيب القوانين عند تصميم محرك الاستنباط، وبذلك يمكن تجنب كثير من مسارات الحلول التى تختلف فقط فى الترتيب خصوصا اذا كانت القواعد المطبقة كبيرة الحجم .

٢ - تتيح خاصية الابدال استخدام محرك الاستدلال باشكال مختلفة تؤدى نفس الغرض.

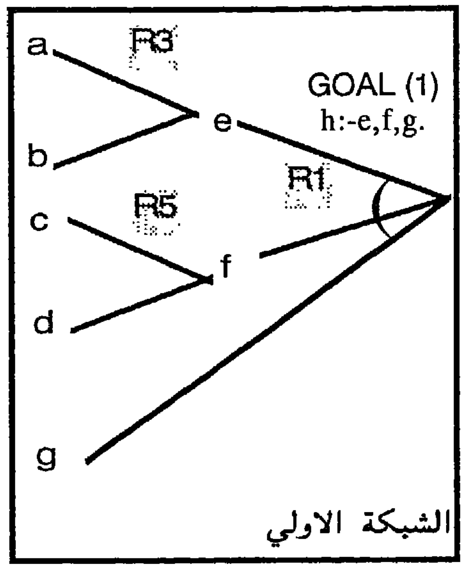
(٩-١-٥) نظم الانتاج والتخطيط (Production System and Planning)

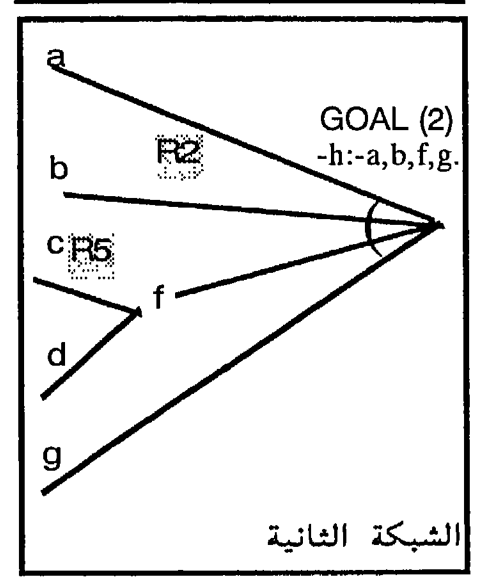
تعتبر نظم الانتاج الغير إبدالية والتى تتميز بالمقدرة على حذف الحقائق والقواعد والتى تماثل لغة برولوج فى استخدام الدالة الاسنادية للحذف(Retract Predicate) من الأمثلة الناجحة فى تطبيقات الذكاء الاصطناعى خصوصاً فى برامج الذكاء الاصطناعى للتخطيط (Planning) حيث يكون ترتيب استخراج النتائج عادة فى وضع حرج، ومن جهة أخرى فإن إنجاز الخطة التى تفى بمتطلبات الهدف الموّصف تعتمد الى حد كبير على عملية إختيار تتابع عمليات شمول الخطة الموضوعة.

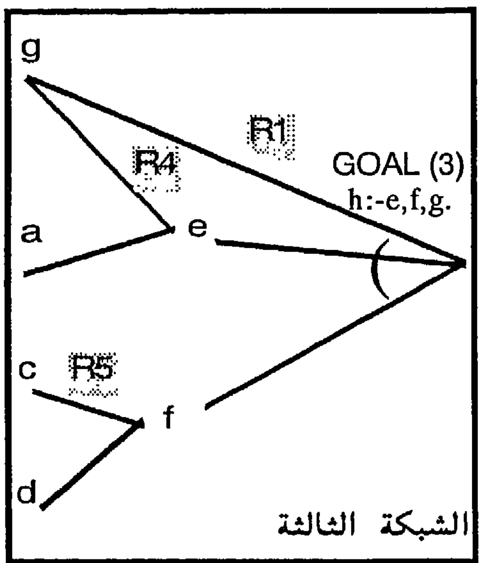
١ - قواعد البيانات

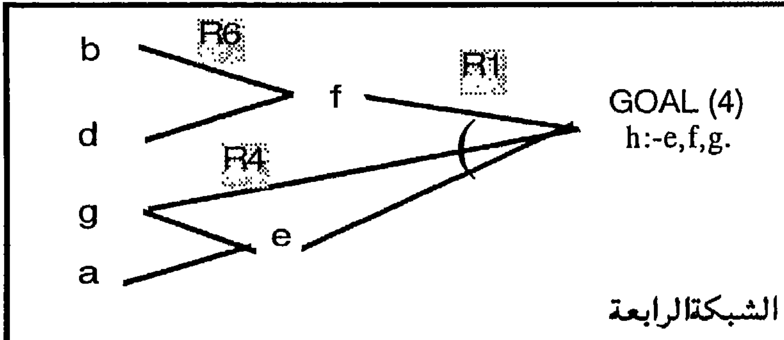
القواعد	الحقائق
Rules (R)	Facts(D)
1-h:-e,f,g.	a.
2-h:-a,b,f,g	b.
3-e:-a,b.	c.
4-e:-g,a.	d.
5-f:-c,d.	g.
6-f:-b,d.	

٢- شبكات الاستدلال









(٩-١-٦)نظم الانتاج القابلة للتجزئة
(Decomposable Production System)

رغم أن الخاصية الابدالية لنظم الانتاج تسمح بدرجة محدودة من المرونة فى التتابع المشتمل على القوانين القابلة للتنفيذ، الا ان خاصية التجزئة تسمح ببعض الحرية الاضافية فى ترتيب تنفيذ القوانين، حيث تؤدى الى كفاءة عالية فى حسابات تصميم محرك الاستدلال، حيث تعتبر التجزئة لمشكلة ما الى أجزاء أصغر ذات حلول منفصلة عاملا مساعداً للوصول بسرعة الى الحل الشامل.وتعتبر قاعدة البيانات (D) قابلة للتجزءة لو أمكن تحليلها الى فئات غير مترابطة يمكن معالجتها بإستقلالية، علاوة علي ان يكون الهدف ايضاً قابل للتجزءة الي مكونات متحققة من خلال قاعدة البيانات. ومن الأفضل ان يكون الهدف قابل للتحقيق باستخدام بعض الدوال المنطقية التي تربط بين نواتج العمليات المجزءة مثل اداة الربط المنطقى (AND).

كما هو واضح من الشبكات المبينة في المثال السابق حيث جرى تجزئة تنفيذ الهدف الى اجزاء منفصلة ، بذلك تعتبر خاصية القابلية للتجزئة هامة لسببين رئيسيين:

١ - تسمح التجزئة بالحصول على إستدلالات متوازية لمدخلات تحليل الهدف.

٢ - تسمح التجزئة بحذف كثير من المسارات للحلول الزائدة.

(٩-٢)الاستدلال المتسلسل المعتمد على القواعد
(Rule-Based Chaining Inference)

كما ذكرنا سابقاً من ان عمل محرك الاستدلال يتلخص فيمايلي:

١ -إختيار القواعد او فئاتها المناسبة بسيناريو معين تحدده ميكانيكية التحكم.

٢ - التوافق او المواءمة التى تقوم بتحديد ملاءمة القاعدة المعطاه مع النص بقاعدة البيانات.

٣ - ترتيب إطلاق القواعد وتحليل التضارب الذى ينشأ من إنتاج قواعد جديدة ربما تتناقض مع المعلومات المتاحة الجارية.

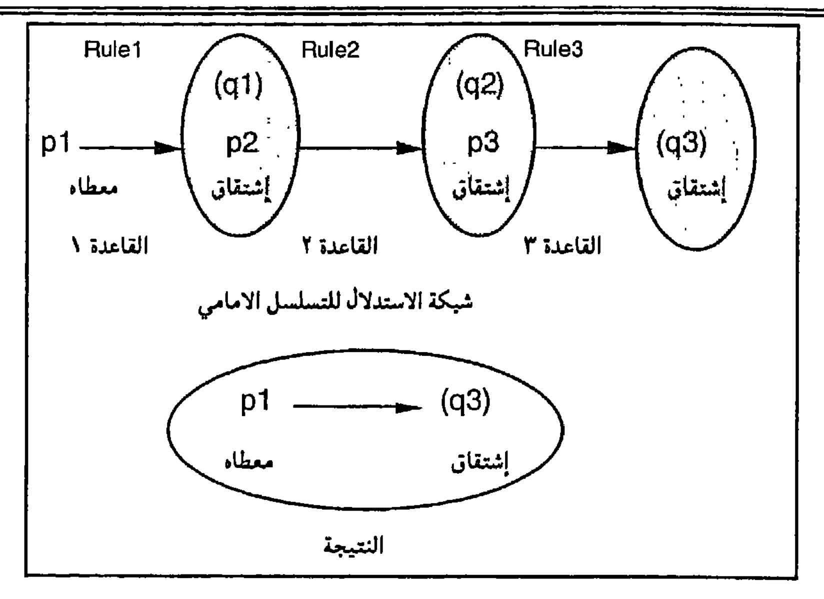
٤ - تنفيذ القواعد بإطلاقها وبناءاً عليه يتم التطوير الجزئى لقاعدة البيانات .

٥ - التحقق من تحقق الهدف الكلي.

وكما تم عرضه سابقاً عن التسلسل الامامي فإننا نعيد عرضه بالشكل الملخص الآتى:

١ - نفرض قاعدة القواعد الابتدائية والتى تتكون من جمل التضمين الشرطى التالية:

$p1 \rightarrow p2$



p2➡p3

p3➡q3

٢ - تصبح شبكة الاستدلال كما بالشكل.

٣ - من الواضح في شبكة الاستدلال المبينة كيف أمكن استخدام الاشتقاق والتسلسل الامامى للوصول الى النتيجة، ويوضح الشكل المنقط حيز اطلاق القاعدة، ومن الواضح ان تطبيق تركيبات التحكم بالنسبة للتسلسل الامامى يكون مباشراً ويكن القول بان عملية تحديد القاعدة الواجبة للاطلاق، والتى يطلق عليها عملية تحليل التعارض (Conflect Resolution) تبدأ بمسح قاعدة البيانات للقواعد بهدف ايجاد القاعدة المناسبة لتحقيق الهدف وذلك لاطلاقها.

(٩-٢-١) إعداد نظام تسلسل أمامى بإستخدام الليسب
(Forward Chaining System using LISP)

يتركب نظام الانتاج المبنى على القواعد كما ذكرنا سابقاً من الثلاث وحدات الآتية:

١ - مجموعة من الحقائق الاساسية (Facts) التى يجرى تشفيرها كقائمة (List) .

٢ - مجموعة من القواعد فى شكل صيغة التضمين الشرطى (IF-THEN) والتى يجرى تشفيرها كقائمة (List) .

٣ - تطبيق مجموعة القواعد الشرطية (البند ٢)تتابعياً على مجموعة الحقائق الأساسية (البند١)، وذلك من خلال عمل شبكة الاستدلال التى يمكن أن ينتج عنها حقائق جديدة او

إستنتاجات ذات مستوى عال.

من الواضح أن توليد حقائق جديدة يستمر عندما تتداخل أجزاء النتيجة التابعة للجزء (THEN) مع الجزء الشرطى(IF) للحقيقة التى تليها، وتستمر حتى يتم الوصول الى الهدف او حتى لايكون هناك إنتاج لحقائق جديدة.

يبين شكل (٩-٤) الاستراتيجية العامة لبناء التسلسل الأمامى التى تحتوى على مفهوم تحليل التعارض الذى يشكل جزءاً أساسياً فى بناء النظام ككل.

(٩-٣)التسلسل الخلفى (Backward Chaining)

من المعروف انه عند تمثيل النظم من المراحل الابتدائية الى المرحلة النهائية او المرحلة الهدفية ان يتناوب التسلسل الخلفى مع التسلسل الامامى، فبينما نجد ان التسلسل الامامى يبدأ دائماً بقاعدة البيانات الابتدائية ويسير فى إتجاه مرحلة الهدف متبعا بذلك مسار او اكثر، فان التسلسل الخلفى او التسلسل ذو التفرع المتتالى هو معكوس التسلسل الامامى وان هذا الانعكاس ليس انعكاساً بسيطا للتضمين الشرطى.

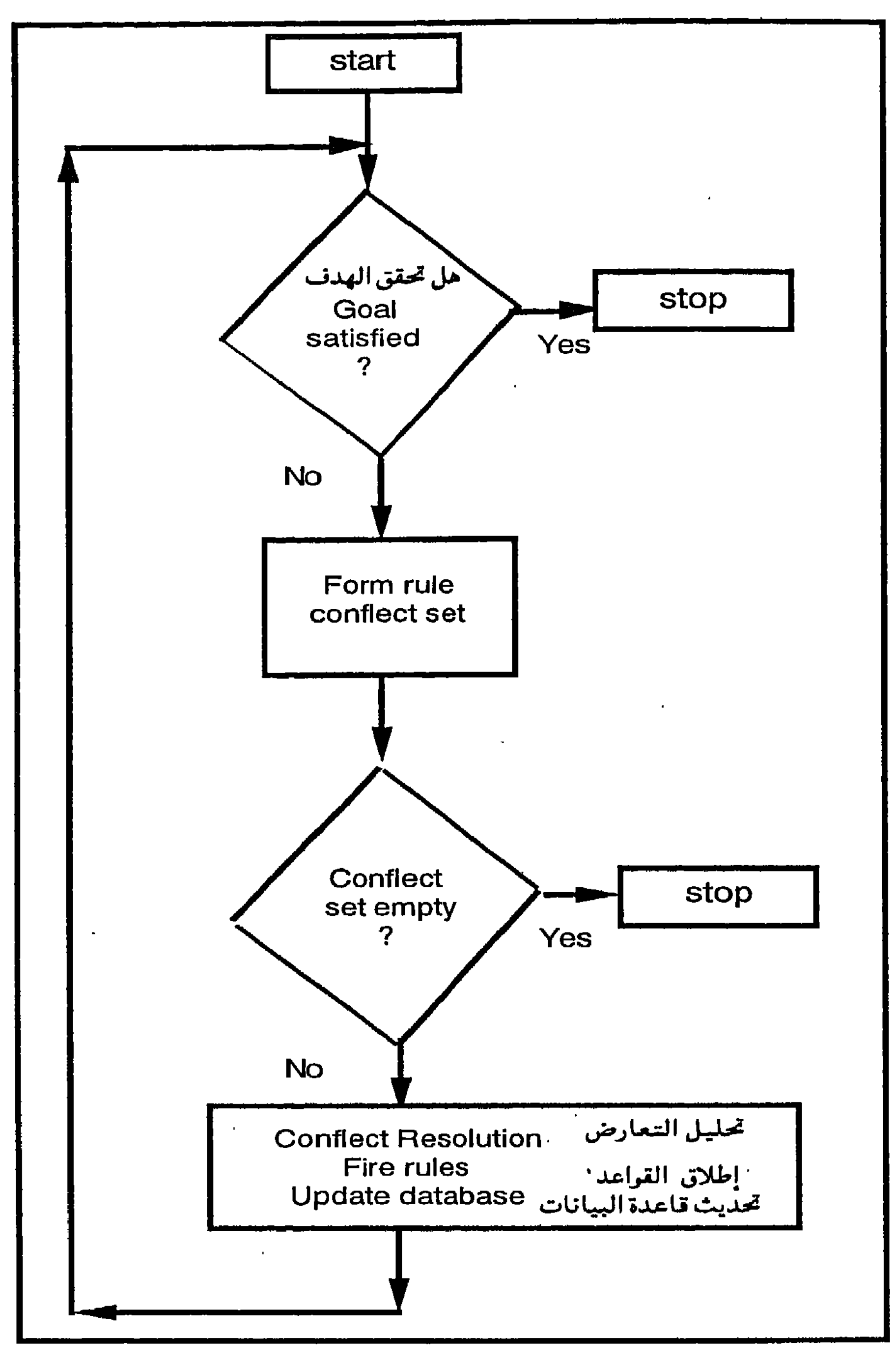
يمكن القول بان التسلسل الخلفى هو إستخدام التوابع او النتيجة المرتبطة بالجزء الثانى من التضمين الشرطى (THEN) لتوجيه البحث لايجاد قواعد للاطلاق. وكما هو موضح فى شكل (٩-٥) فإن العمل او النتيجة (b) سوف تستخدم لايجاد الشرط او الحدث (a) الذى يتسلسل خلفياً الى اطلاق القاعدة الثانية من خلال النتيجة (d) ثم الشرط (c) ثم متابعة التسلسل الى اطلاق القاعدة الثالثة (f) ثم (e).

(٩-٣-١)أساسيات التسلسل الخلفى (Basis for Backward Chaining)

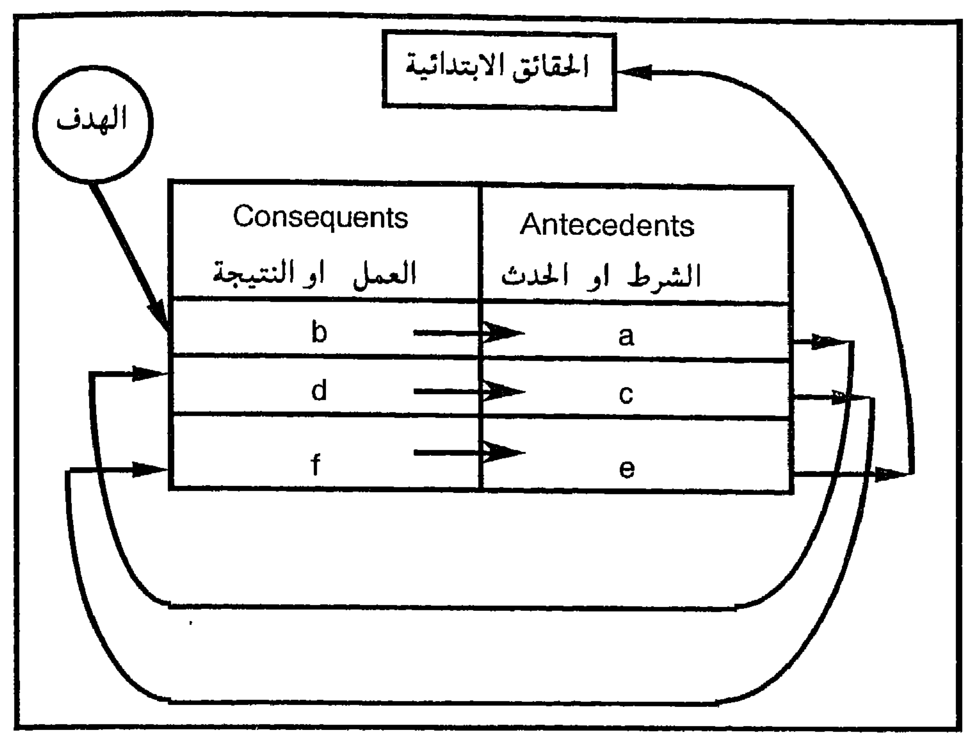
لتصميم وفهم ميكانيكية التسلسل الخلفى فإننا نتبع نظام مكون من ثلاث قواعد، ويبين شكل (٩-٦) خطوات شبكات الاستدلال للتسلسل الخلفى، والذى يبدأ بفرض أن الهدف الأساسى(q3) صحيحاً، ومن خلال إطلاق القاعدة (٣) فإن الهديف الثانى (2nd sub goal) سوف يتحقق فى شكل الشرط (p3)، ثم يتسلسل خلفياً للوصول الى الهديف الثالث (3 rd sub goal) (p2)، وذلك بإطلاق القاعدة (٢) والذى يكون صحيحاً ثم يتسلسل لاطلاق القاعدة (١) للوصول الى الحقيقة المعطاة (p1) .

من الواضح ان التسلسل الخلفى هو فى الحقيقة عكس قاعدة التضمين الشرطى فى الصورة

$$q \rightarrow p$$



شكل(٩-٤) خريطة تدفق لتحليل التعارض وتحديث قاعدة البيانات



شكل(٩-٥)إستخدام التوابع لتوجيه البحث لاطلاق القواعد

ويمكن شرح مثال آخر يتناول القاعدة الآتية :

```
(rule r1 (if f c g) (THEN z))
```

عند توصيف الهدف (z) يلزم توصيف عدد من الهديفات (subgoals) الاتية

```
(f c g)
```

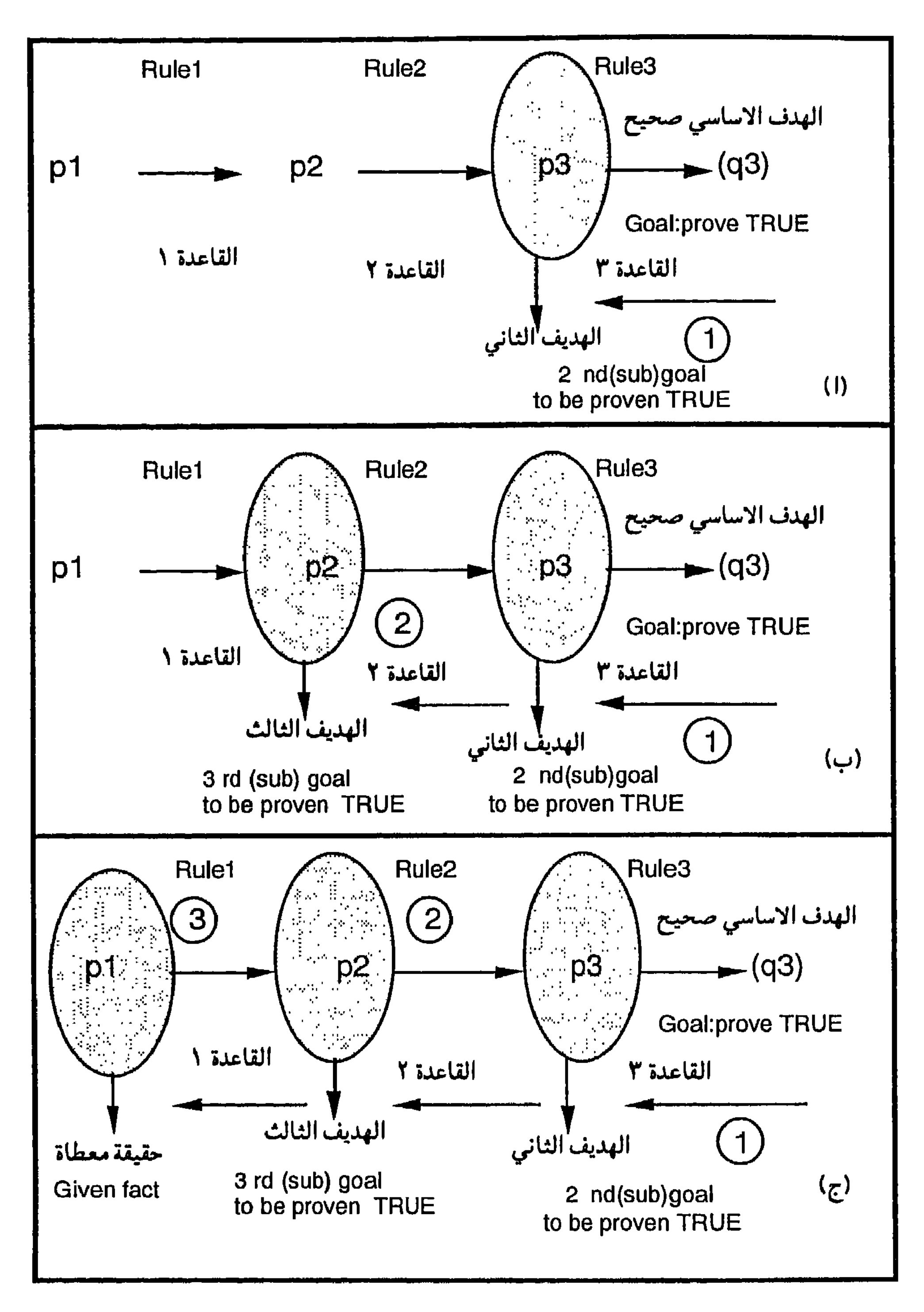
وتصبح قائمة القواعد :

```
(setq * rules * '(
(rule1   (IF   f c g)  THEN  z))
(rule2   (IF   d  e)  THEN f))
(rule3   (IF   a   b)  THEN c)))
```

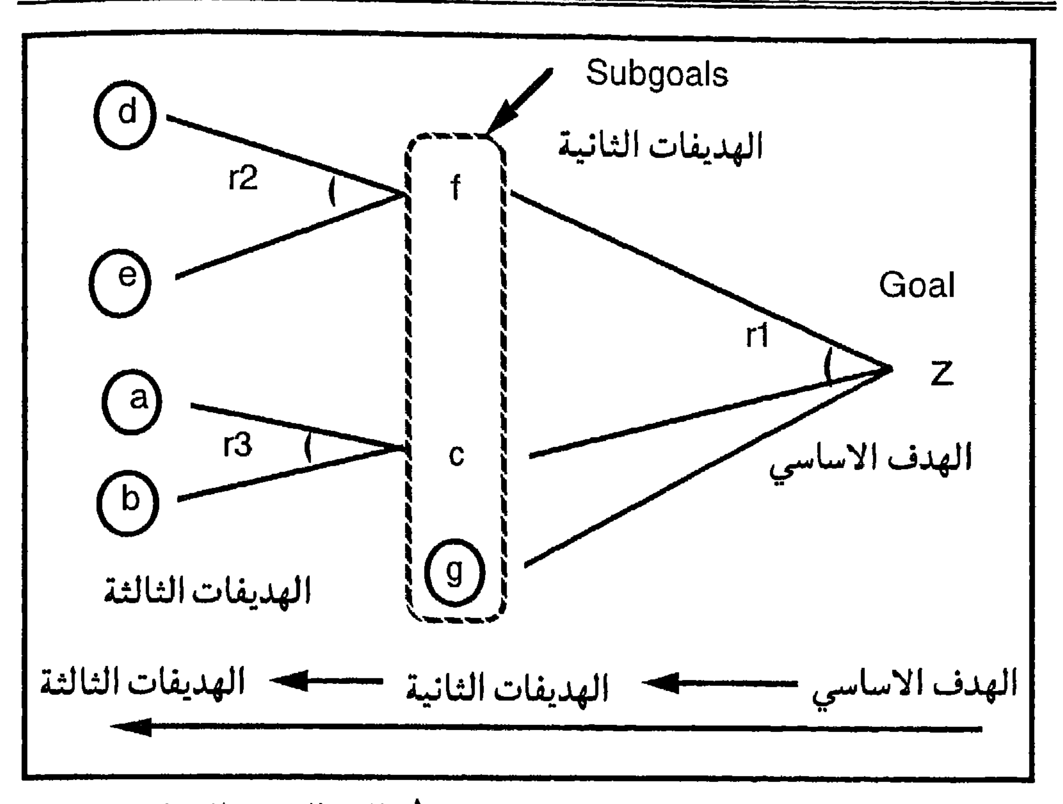
وكذلك قائمة الحقائق:

```
(setq * facts * '(a b d e g))
```

وبذلك يكون تحقيق الهدف (z) باستخدام التسلسل الخلفى ملازما لتحقيق الهديفات الثانية (f c g) والهديفات الثالثة (d e a b) كما هو موضح فى شكل (٩-٧).



شكل (٩-٦)خطوات شبكات الاستدلال للتسلسل الخلفى



شكل (٩-٧)تحقيق الهديفات للوصول الى الهدف الاصلى



لغـــات البرمجـة والتطبيقـــات

Programming Languages and Applications

الفصل العاشر

الذكـــــاء الاصطنـــــاعى ولغـــــات البرمجـــــة

AI and Programming Languages

(١٠-١) المعالجة الرمزية ولغات البرمجة
(Symbolic Processing &Programming Languages)

من المعروف أنه لاتوجد لغة برمجة صالحة للتطبيق ١٠٠٪، ولكن يمكن القول بأن اللغة المناسبة هي اللغة التي تسهل للمستخدم إجراء التوصيف (Description) وإجراء العمليات الحسابية (Computations) للمشكلة أو التطبيق قيد الدراسة، هذا بالإضافة الى الكفاءة والقدرة علي الإنتشار.بينما تكون لغة كوبول (COBOL) مناسبة للتطبيقات التجارية، ويتعلم المبتدئون لغة البيسك (BASIC) ، وتستخدم لغة فورتران (FORTRAN) للتطبيقات العملية، فإن لغتي البرمجة المنطقية برولوج (PROLOG) ولغة البرمجة بإسلوب القائمة(LISP) تناسبان الإستخدام في تطبيقات الذكاء الإصطناعي لتميزهما الواضح في المعالجة الرمزية (Symbolic Processing)، مع ملاحظة انه يمكن استخدام اللغات التقليدية في بناء نظما للذكاء الإصطناعي الاأن هذه اللغات تكون من الصعوبة فى التنفيذ بالمقارنة باللغات الرمزية.

(١٠-١-١) المعالجة الرمزية والمعالجة التقليدية
(Symbolic and " Conventional " Processing)

تعتمد برامج الذكاء الإصطناعي بالدرجة الأولي علي التراكيب الرمزية والشكلية (Symbolic) والعلاقات بينهما ولا تعتمد علي الـ (Bits) و الـ (Bytes) ولا الدقة في تحديد الأرقام (Precision) ، ويبين الجدول المبين فى شكل (١٠-١) الفرق بين المعالجة الرقمية التقليدية والمعالجة الرمزية .

(١٠-٢) نظم المعالجة المختلطة (Coupled Processing Systems)

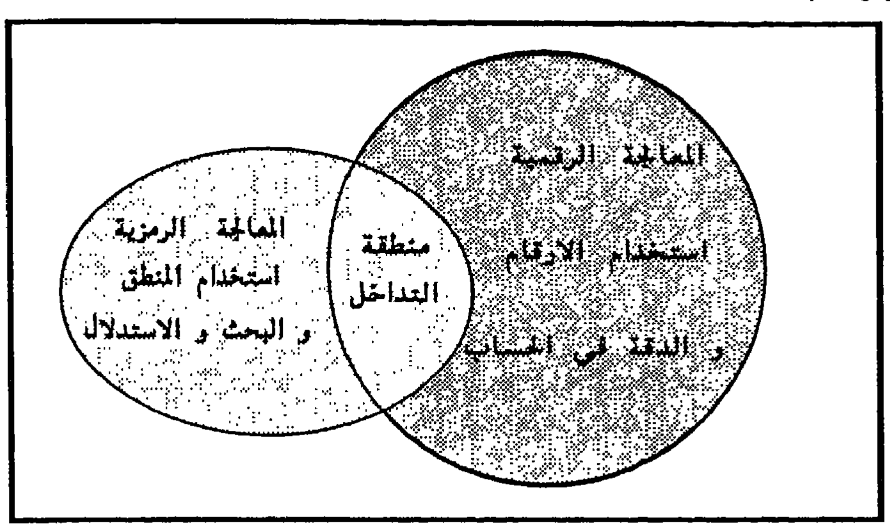
فى كثير من التطبيقات العملية للذكاء الإصطناعى يلزم إستخدام المعالجة الرمزية جنبا الى جنب مع المعالجة الرقمية، حيث يمكن أن تكون البداية فى تطبيق ما استخدام المعالجة الرقمية التى تستخرج بيانات تعالج رمزيا بعد ذلك مثال ذلك : عند معالجة الصور(Image Process-ing) فانه يلزم إستخدام المعالجة الرمزية مثل خوارزميات التوحيد التي تتطلب أولا إستخراج ملامح الصورة باستخدام معالجة رقمية منخفضة المستوي ثم معالجة رمزية بعد ذلك، ومن هنا جاء تعريف النظم المختلطة للمعالجة وكما هو مبين في شكل (١٠-٢) حيث تعتبر منطقة التداخل بينهما هي المنطقة التي تختلط فيها المعالجة الرقمية والمعالجة الرمزية .

تعتمد معالجة نظم الذكاء الإصطناعي بالدرجة الأولي على لغات البرمجة المنطقية (Logic Prog.) ولغات البرمجة الدالية (Functional Prog.) كما يمكن توضيح إستخدام البرمجة

المعالجة الرقمية Numerical Processing	المعالجة الرمزية Symbolic Processing
١- تقوم المعالجة على الأرقام والدوال والاخراج المنمط (Formatted Output) إعتماداً على ال (Bits) ، و(Bytes) .	١- تقوم المعالجة علي الرموز والفروض والبديهيات والقواعد والعلاقات .
٢- تستخدم لبناء البرامج خوارزميات إجرائية (Procedual) لحل المشكلات .	٢- تستخدم لغة وصفية (Descriptive) لشرح الحقائق والعلاقات .
٣- يتم الإستعانة بترتيب تتابعي معين لتنفيذ خطوات الحل .	٣ - يتم الإستعانة بطرق البحث مثل البحث الهرمى (Heuristics Search) لإيجاد الحلول .
٤- يتم الحصول على نتائج محددة . (Deterministic Result)	٤ - يتم الحصول على نتائج غير محددة اذا كانت الخوارزميات المستخدمة تميل الي التشتت .
٥- نوعية البيانات : حروف و ارقام .	٥ - نوعية البيانات : ذرات وأشياء وكيانات وبديهيات وقوائم .
٦- المتغيرات تامة التعريف .	٦ - المتغيرات غير معرفة ويلزم فى بعض الأحيان إنشاء متغيرات للمساعدة فى إيجاد الحل .
٧- المتغيرات وتراكيب البيانات ثابتة التحديد.	٧ - المتغيرات وتراكيب البيانات غير ثابتة التحديد حيث يمكن ان تزيد أو تقل.
٨ - الدقة فى تمثيل المعلومات .	٨ - عدم الدقة فى تمثيل المعلومات .
٩ - الإجابات المتوقعة من البرنامج دقيقة التحديد	٩ - الإجابات المتوقعة من البرنامج غير محددة وأى نتيجة تعتبر مرضية.

شكل (١٠-١) الفرق بين المعالجة الرقمية والمعالجة الرمزية

المنطقية (Prolog) والبرمجة بأسلوب القوائم (LISP) وعلاقتهما باللغات الأخرى مثل لغة فورتران ولغة باسكال .



شكل(١٠- ٢) نظم المعالجة المتداخلة أو المختلطة

(١٠-٣)التمثيل الحسابي وتراكيب البيانات

(Manipulable Representations &Data Structures)

من أهم اهداف البرمجة في نظم الذكاء الإصطناعى هو تمثيل الكيانات أو الأشياء (Entities&Objects) ووضعها بشكل مختصر (Abstract) يسهل التعامل معه حسابياً؛ فمثلا تعتبر الأسماء مثل محمد وعلي وأحمد قيم رمزية (Symbolic Values) حيث توصف الحالات المختلفة المتغيرة (Instances) لكيان شخص(Person Intity) مثلا ويختلف الأشخاص في السن ومستوى التعليم والعادات والصفات وغير ذلك. و لتوضيح الفرق بين لغة باسكال ولغة البرمجة بأسلوب القوائم ليسب فإننا سوف نقوم بتمثيل الكيان "شخص" كمايلى:

١- باستخدام لغة باسكال (Pascal) وذلك باستخدام أوامر التوصيف (TYPE), (VAR) كمايلى :

```
TYPE
person_type = record
        name       : string [ 14];
        age        : [0 ..100];
        education : set of(High School,College);
VAR person : ARRAY[1..N] of person_type ;
```

من الواضح فى لغة باسكال أنه تم إستخدام التمثيل الرمزى مثل الاسم (name) والتعليم (education) بجانب التمثيل الرقمي مثل العمر، ولإستخدام بيانات عن الشخص "محمد" مثلا، فانه يمكن استخدام تراكيب لغة باسكال الآتية :

```
IF
 person.name[j]='Mohamed'
THEN
 mohameds-age := person.age[j]
```

٢- بإستخدام لغة البرمجة بأسلوب القائمة ليسب(LISP) . يمكن التعبير عن ذلك ايضا باستخدام التراكيب المبنية داخليا فى لغة ليسب (built-in) كمايلى:

```
(putprop ' Mohamed' age 33)
and
(get ' Mohamed ' age )
```

أو باستخدام لغة ليسب العام كمايلى:

```
(set f(get ' Mohamed ' age 33).
and (get ' Mohamed'age).
```

من الواضح أنه عند إستخدام لغة ليسب حيث يتكون البرنامج من دوال (Functions) يجري تطبيقها علي البيانات (Data)، فان المبرمج لايحاول ان يستنتج كيف يسير البرنامج ولكنه يركز علي مقدار تطبيق الدوال علي البيانات ومقدار ما يتم الحصول علية من ذلك التطبيق، وفي لغة البرمجة المنطقية فان المبرمج لايركز علي كيفية ترتيب خطوات التنفيذ، ولكنة يركز علي توصيف المشكلة وذلك بتطوير قاعدة البيانات المحتوية علي الحقائق والقواعد (Facts& Rules) حيث يتم الوصول الي الحل بإستخدام ميكانيكية التوحيد (Unification Mechanism) للإستدلال والإشتقاق.

(١٠-٤)الفرض الوصفى للبرمجة المنطقية

(Descriptive Concept for Prolog)

عند إنشاء وتطوير برامج بلغة البرمجة المنطقية يتبين الفروض التالية :

- عدم الضرورة الي الإستعانة بخرائط التدفق (Flow Charts) في أول الأمر حيث ان ذلك يتعارض مع الطبيعة الإعلانية (Declarative Nature) لهذه اللغة (جميع الحقائق والقواعد معرفة وموصفة) مع إستخدام ميكانيكية التوحيد المبينة داخل تراكيب المترجم أو المنفذ للغة (Interpreter or Compiler) ، وبذلك يتكون البرنامج من الآتى:

١- الحقائق المعرفة (Known Facts) .

٢- القواعد (Rules) التي تسمح بتجميع أو إشتقاق أو الأستدلال علي حقائق جديدة.

٣- الوصول إلي نتيجة البرنامج وذلك بإحراز الهدف (Goal) .

ومن الواضح أن تنفيذ خطوات البرنامج تقع كلية على المحلل أو المنفذ وذلك بتحديد وربط المتغيرات الموجودة بالحقائق بقيم يتم تحديدها بالخطوات التى تقترحها الموحدات (Unifires).

من أهم الأختلافات بين لغة البرمجة المنطقية ولغات البرمجة التقليدية مايلى:

تقوم البرمجة المنطقية علي توصيف للمشكلة قيد الحل (Problem Specification) والتى تقابل توصيف البرنامج (Program Specification) فى اللغات الأخرى، حيث يشتمل توصيف المشكلة علي وضع البرنامج بدون إقتراح خوارزميات الحل، بينما يعتمدتوصيف البرنامج على إقتراح خوارزميات الحل، وبذلك تعتبر لغة البرمجة المنطقية من أعلى اللغات (High Level) تركيباً، حيث أنها تسمح بإيجاد مسار يتوافق مع إشتقاق النتائج الصحيحة والتى تعكس مفهوم الإستدلال فى الإنسان .

(١٠-٥) الشروط الواجبة فى لغات الذكاء الإصطناعى

يجب ان تتوافر الشروط الآتية فى لغات الذكاء الإصطناعى:

١- القدرة علي تطوير نماذج و نظم ميكانيكية للتحليل والإثبات التي تتغير تغيراً دقيقاً، وذلك بتجزئة حل المشكلة الي أجزاء صغيرة ذات حلول مناسبة.

٢- تركيب إنضباطي للتحكم المرن الذي :

(أ) - يساعد على توجيه خطوات البرنامج الى الحل السريع.

(ب)- يساعد على الوصول الي البيانات المناسبة لإعطاء الحل.

(جـ)- يساعد على تسهيل التكرار المطلوب.

٣ - تركيب إنضباطي للمساعدة في إجراء البرمجة المتوازية.

٤ - قدرة النظام علي التحاور مع المستخدم.

٥ - إستخدام برامج التصحيح في عملية مراجعة العمليات التكرارية وميكانيكية للتوحيد.

٦ - بناء داخلي لإجراء تمثيل المعلومات رمزياً والوسائل التي تساعد علي إستحداث الأطارات لتمثيل المعلومات مثلا.

٧ - إستراتيجيات مختلفة لربط المتغيرات بقيم وتسهيل طرق البحث بإستخدام التجربة والخطأ لإيجاد الحل .

٨ - القدرة علي التوافق للبصمات(Pattern Matching) .

ومن المعروف أنه تم تصنيع وبناء شرائح الكترونية (chips) تعمل أساسا للتحليل والمعالجة الرمزية والمناسبة للغات الذكاء الإصطناعى (LISP,PROLOG) وذلك بإستخدام تقنيات الدوائر المتكاملة ذات السعات الكبيرة (VLSI) حيث أمكن بناء حاسبات الإستدلال القادرة علي إجراء المعالجة الرمزية .

(١٠-٦)المتطلبات البيئية لنظم البرمجة

(Environmental Requirements for AI Programming)

لبرمجة نظم الذكاء الإصطناعى لابد من تطوير البيئة لتشتمل علي نظم للموائمة مع المستخدم وتشتمل المتطلبات البيئية المناسبة على مايلى:

١ - إستخدام التطوير البنائى المتزايد (Incremental Program Development) كما هو واضح في لغتي البرمجة المنطقية والبرمجة بإسلوب القائمة، حيث يقوم البرنامج بتنفيذ قاعدة واحدة في الزمن الواحد حيث يتم إختبارها وتطويرها واستخدامها لبناء جزء اكبر من البرنامج، أى أن اللغة تساعد على تطوير وبناء نفسها كما فى لغة آدا (ADA) .

٢ - محرر متكامل وذكى (Integral and Intelligent Editor) يتطلب إستخدام محرر ذكى ومتكامل لكتابة وتصحيح شفرة المنبع (Source Code) حيث أن التشفير لهذه البرامج لايتم دفعة واحدة ولكن يتم شفرة بعد الأخري مما يساعد على تكامل التصحيح للبرنامج .

٣ - استخدام منفذ ومترجم تفصيلى (Incremental Compiler / Interpreter) حيث يعمل المترجم أولا علي خطوات البرنامج خطوة بعد الأخرى تفصيلياً ثم يجرى تنفيذ خطوات البرنامج خطوة بعد الأخرى الى ان ينتهي البرنامج ككل. مثال ذلك فى لغة البرمجة المنطقية حيث يتم ادخال البنود أو حذفها من خلال الأوامر.

٤ - استخدام مصحح ذكى متوائم مع المستخدم (Intelligent and User-Frind Debuggers). تشتمل لغات البرمجة المنطقية والبرمجة بإسلوب القوائم علي إمكانية التتبع لخطوات البرنامج (Trace Facility) حيث يمكن قياس مستوي الاداء للبرنامج خصوصا عند ربط المتغيرات وعملية التوحيد ووضع نقط إيقاف عند تنفيذ البرنامج للتأكد من عمل البرنامج في الوجهة الصحيحة.

٥ - استـخـدام الامكانـيـات العـالـيـة الدقـة والسرعـة للعـرض (High Speed and Resolution Display) حيث يمكن استـخدام اسلوب الرسوم البيانية والشبكات الدلالية والحصول علي نتائج بشكل رسومات مثل استخدام محطات العمل (Sun and Macintoch work Stations) وشبكات الحاسبات الشخصية.

٦- استخدام المداخل والمخارج المتوائمة (Input and Output Interfaces) حيث يلزم في بعض الأحيان قياس كميات من نظم حقيقية للإدخال أو استخدام الكميات عند المخرج في بناء الشكل العام للنتائج المطلوبة، مثال ذلك عند التعرف ومعالجة نظم التحدث أو الصور (Speach and Image Processing) .

٧- إستخدام ذاكرة تشغيل كبيرة الحجم (Large Memory Size) والتي اصبحت متوافرة في الحاسبات الشخصية والتي تتلائم مع لغة برولوج ولغة ليسب، حيث يتم إستخدام التكرار (Recursion) بشكل كبير.

(١٠-٧) تصنيف لغات البرمجة

(Programming Languages Classification)

يعتبر الفرض الخاص بتحديد أو تخصيص (Assignment) قيم للمتغيرات هو الأساس فى تقسيم اللغات العالية ، شكل (١٠-٣)، والتى يمكن ان تنقسم الى مايلى:

١ - **لغات الأمر** (Imperative)

وهى اللغات التي يجرى تنظيمها حول التحديد أو التخصيص الفعلى للمتغير بقيم محددة مستخدما فى ذلك لغة الأمر مثل لغة فورتران (FORTRAN) حيث يقوم المبرمج أو المستخدم بتحديد ترتيب الخطوات التي تؤدي الي الحل بإستخدام التحديد لهذا المتغير، مثال ذلك...FOR i:=1 to n Do

٢- **لغات التطبيق** (Applicative)

وهى اللغات التي يجري تنظيمها حول عمل أو تطبيق دالة (Function) علي مدلول (Argument) وتعرف باللغات الإعلانية (Declarative) وذلك كمايلى:

أ - اذا إحتوت اللغة دوال ذات مدلولات تحدد بمفردها الناتج من البرنامج (Output) فإن هذه اللغة تعرف بأنها لغة دالية (Functional) مثل لغة (HOPE) .

ب - وإذا كانت المدلولات لا تحدد الناتج من البرنامج تماما كما في الحالة السابقة فإن ذلك يجرى علي لغة ليسب (LISP) .

جـ - إذا إحتوت المدلولات على علاقات (Relationships) مع بعضها البعض فإن ذلك ينطبق تماما علي لغة العلاقات مثل لغة البرمجة المنطقية برولوج (PROLOG)، كما هو مبين بالشكل (١٠- ٣).

وبذلك يتضح الفرق في المعالجة بين لغات الذكاء الإصطناعى مثل البرمجة المنطقية والبرمجة بأسلوب القائمة (برولوج و ليسب) واللغات التقليدية مثل فورتران وباسكال مع ملاحظة مايلى:

أ - يمكن استخدام لغات الأمر (فورتران وباسكال)لحل مشكلة معينة في الذكاء الإصطناعى بدون وصف أو وضع اي شئ عن الحل المطلوب ولكن يتم وضع الخطوات اللازمة لايجاده .

ب - وبالعكس فانة يجري إستخدام لغات الذكاء الإصطناعى التطبيقية ذات العلاقات والدالية في إيجاد الحل المطلوب، وذلك من خلال عملية تحديد شكل الحل، وبعد ذلك يتولي البرنامج معالجة البيانات أو المعارف لتحديد الحل نفسه، وبذلك يكون الحل موصف أو معرف من خلال البرنامج .

جـ - يلاحظ عدم جمود التعريف والاستخدام لهذه اللغات وقصرها فقط علي عمل معين، فيمكن استخدام لغة البرمجة باسلوب القائمة لعمل برامج انضباطية (itrative) بينما يمكن استخدام لغة باسكال او لغة بيسك في عمل برامج للذكاء الإصطناعى، الاأنها سوف تكون غير مناسبة تماما.

د - لتوضيح الفرق بين هذه اللغات فإننا نورد المثال التالي :

لحساب مضروب الرقم (n!) والمعرف بالمعادلة الأتية:

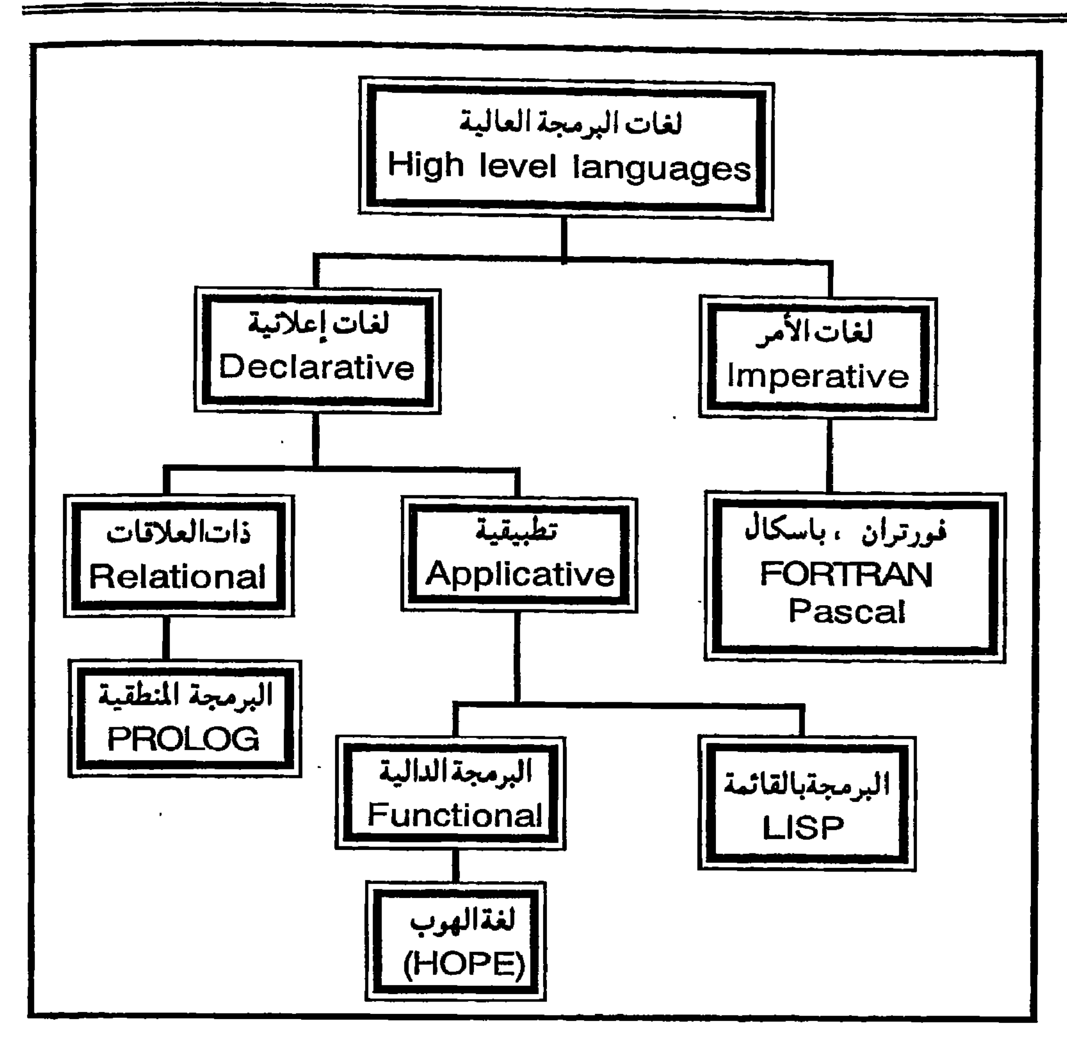
$$n! = n(n-1)(n-2)(n-3)..[n-(n-2)]1$$

أولا : - باستخدام لغة باسكال مع استخدام التكرار (recursion) كمايلى:

```
FUCTION factorial ( n : integer) : integer;
BEGIN
        IF n=1 THEN factorian : = n
        ELSE factorial : = n * factorial(n-1);
END; { factorial }
```

ثانيا : - باستخدام لغة البرمجة بإسلوب القائمة (LISP) واستخدام التكرار .

```
(defun factorial (arg)
( cond
( = arg 1 ) 1 )
( t ( * arg ( factorial ( - arg 1 ))))
```



شكل (١٠-٣) تصنيف لغات البرمجة

يلاحظ التشابه الواضح بين اللغتين في حساب المضروب، الا أنه يفضل لغة البرمجة بإسلوب القائمة (LISP) لتطبيقات الذكاء الإصطناعى نظرا لإحتوائها ملامح اكثر مناسبة، مثل طرق ربط المتغيرات علاوة علي القدرة على استخدام القوائم .

ثالثا : - باستخدام لغة البرمجة المنطقية برولوج كمايلى:

```
factorial ( 1 , 1 ) .
factorial (Input , Result ) : -
Imin1 is Input-1
factorial ( I min1 , Facmin1);
Result is Input * Facmin1).
```

مع ملاحظة أنه يمكن إضافة علاقات اخري تمنع التكرار الي ما لانهاية. ومن الواضح أن

طبيعة المشكلة المراد حلها هي التي تحدد اللغة المناسبة للإستخدام. وبذلك تعتبر لغتي برولوج وليسب اللغتين الأساسيتين لبناء نظم الذكاء الإصطناعي، فبينما تحتوى لغة برولوج على تقنيات التوحيد (Unification) للوصول الى الحل فإن لغة ليسب ولغة (OPS5) تحتويان علي تقنيات السلاسل المتفرعة الى الأمام والى الخلف (Forward / backward chaining)، ولقد ظهرت لغات كثيرة معتمدة على التوليف بين اللغات المختلفة، مثال ذلك لغة (POP11) والتى نشأت من توليف لغتى ليسب وباسكال، وتعتبر التطوير الحديث للغة ليسب، وتستخدم علي الحاسبات الكبيرة مثل (VAX)، وتحتوى على محرر تحاورى (Interactive Editor)، ومنفذ تزايدى (Incremental Compilier) ، وتتشابة التراكيب لهذه اللغة مع لغة باسكال مع الاستعانة بقواعد العمل بالقوائم من ليسب حيث يمكن ان يطلق عليها لغة توافق بصمات القوائم (List Pattern Matcher) .



الفصل الحادى عشر

تطبيقات باستخدام اللغات المنطقية (البرولوج السريع)

Applications Using Logic Languages (Turbo Prolog)

يتناول هذا الفصل شرح برامج تطبيقية للذكاء الاصطناعى وكيفية تمثيل المعارف والأوجه المختلفة للتقنيات التى أوردت فى الأبواب السابقة.

(١١-١)لغة البرمجة المنطقية (Prolog)

ظهر وتطور النمط الأول من هذه اللغـة فى جامعـة مارسيليا حيث قام بالتطوير (Alain Colmeraure) فى السبعينات من هذا القرن، وتعتبر هذه اللغة إحدى أدوات التنفيذ فى برامج الذكاء الاصطناعى ونظم الخبرة وخصوصا التطبيقات الهندسية، حيث تم بناء كثير من الغلافات (Shells) ونظم الخبرة مثل (Xi , APES , ESP/Advisor) والتى أظهرت تفوق هذه اللغة على لغات كثيرة مثل لغة باسكال. ولقد كان لسهولة بناء برامج بهذه اللغة تحمل صفة الذكاء وتتآلف مع المستخدم (User Friendly) وراء تقدم هذه اللغة. وفى عام ١٩٨١ طورت اليابان خطة قومية طموحة لإنتاج الجيل الخامس من الحاسبات وتم اختيار لغة البرمجة المنطقية برولوج اللغة الاساسية لهذا الجيل من الحاسبات.

(١١-٢) لغة البرمجة المنطقية السريعة (Turbo Prolog)

تعتبر لغة البرمجة المنطقية السريعة إحدى لغات الجيل الخامس وتعتمد أساسا على الملامح الأساسية للغة البرمجة المنطقية الا انها تتميز بالسرعة وإستخدام أساليب المنطق الطبيعى للوصول الى حل المشكلات، والعمل على الحاسبات الشخصية كما يمكن استخدامها فى بناء تطبيقات متنوعه مثل:

١- النظم الخبيرة (Expert Systems).
٢- قواعد المعارف (Knowledge Bases).
٣- مدخل المواءمة لمعالجة اللغات الطبيعية (Natural Language Interfaces).
٤- نظم المعلومات الادارية الذكية (Smart Information Management Systems)
٥- قواعد البيانات الديناميكية المرتبطة بالعلاقات (Dynamic Relational Databaes)
٦- بناء الغلافات (Shells) للتطبيقات المختلفة.
٧- ايجاد الحلول للمعادلات التفاضلية على أسس رمزية .
٨- إثبات النظريات المختلفة.

تختلف لغة البرمجة المنطقية السريعة عن اللغات الاجرائية (Procedural) الاخرى فيمايلي:

١ - تعتبر هذة اللغة لغة توصيف للأشياء (Descriptive) يتمثل فى ثلاث محاور:

أ - **المحور الاول** : توصيف الاسماء والتركيبات للاشياء او الاهداف المكونة للمشكلة .

ب- **المحور الثانى** : توصيف اسماء وكنه العلاقات الموجودة بين هذه الاشياء او الاهداف.

جـ- **المحور الثالث** : توصيف الحقائق والقواعد التي توصف او تحكم هذه العلاقات.

وبذلك تتميز هذه اللغة علي لغات كثيرة مثل لغة باسكال .

٢ - تستخدم اللغة وسائل الاشتقاق والاستدلال لايجاد الحل، والذي يتم اوتوماتيكيا عند تنفيذ البرنامج الذى يحاول ايجاد جميع الحلول الممكنة، وبذلك يكون تحاوريا (Interactive) مع المستخدم.

٣ - تستخدم هذه اللغة ميكانيكية التتبع الخلفى(Backtracking) وذلك بعد الوصول الى أول نتيجة صائبة فانه يقوم بالتتبع الخلفى لايجاد نتائج اخرى او التاكد من النتيجة الاولى.

٤ - تستخدم اللغة نحوا بسيطا للجمل يختلف عن معظم نحو اللغات الاخرى التقليدية.

٥ - تعتبر هذه اللغة من اللغات العليا (High Level) و اكثر علوا من لغة باسكال حيث يمكن القول بان كل سطر من البرنامج يقابل عشرة اسطر تقريباً من برنامج الباسكال لتنفيذ مهمة واحدة.

٦- تحتوى اللغة على امكانية داخلية للتعرف على البصمات (Built-in Pattern Recognition Faciltiy) علاوة على تركيب انضباطى عالى الكفاءة.

ان تعلم البرمجة المنطقية السريعة من خلال شرح برامج تعليمية وتطبيقات ذكية سوف يؤدى الى تفهم اسس اللغة واسلوب الذكاء الإصطناعى.

(١١-٣) التمثيل الرمزى للكيانات والعلاقات

(١١-٣-١) التمثيل الرمزى للنشاط الرياضى

لتصميم وكتابة برنامج بلغة البرولوج السريع يبين العلاقة بين الاشخاص وميولهم للنشاطات الرياضية ، فان البرنامج يتكون من الشرائح التالية :

١ - **المجالات** (domains) يحتوى المجال على توصيف للاشياء او للاهداف المستخدمة فى

البرنامج حيث يجرى تمثيلها علي انها رموز(symbols) وعلى ذلك فإن الشخص ونوع النشاط الرياضى تمثل رمزيا وتكتب كمايلى:

```
domains
      person, activity = symbol
```

٢- التوصيف لنوع العلاقات الإسنادية (predicates) يحتوى هذا الجزء على توصيف لنوع العلاقة الإسنادية بين رمز الشخص ورمز نوع النشاط الرياضى وفى هذه الحالة تكون العلاقة هى التفضيل وتكتب فى شكل فعل يفضل كمايلى:

```
predicates
      prefers(person, activity)
```

٣- التعبيرات أو البنود (clauses) تحتوى على:

١- الحقائق (Facts) مثل يفضل (اسم الشخص) نوع النشاط الرياضى الذى يحبه وتكتب كمايلى:

```
clauses
     prefers(mohamed, tennis).
     prefers(ahmed, football).
     prefers(adel, swimming).
     prefers(khaled, tennis).
```

٢- القاعدة (Rule) مثل يفضل مصطفى (X) اذا فضل عادل (X) حيث (X) هى متغير يدل على نوع النشاط وتكتب هذه القاعدة فى الشكل:

```
prefers(mostafa,X) if prefers(adel,X).
```

وبذلك يصبح البرنامج المتكامل كمايلى:

```
domains
      person, activity = symbol
predicates
      prefers(person, activity)
clauses
      prefers(mohamed, tennis).
      prefers(ahmed, football).
      prefers(adel, swimming).
      prefers(khaled, tennis).
      prefers(mostafa,X) if prefers(adel, X).
```

٤- إحراز الهدف (Goal) بعد تحميل البرنامج من خلال نافذة الحوار فان البرنامج سوف يسأل عن نوعيه الحل الصحيح المطلوب فى شكل ما هو الهدف المطلوب كمايلى:

```
Goal:_
```

وحين ذلك يتم إدخال الجملة او السؤال الاتى الذى يراد به الاستدلال ومعرفة حقيقة ما مثل هل يفضل مصطفى السباحة مع عدم وجودها صراحة فى التعبيرات المدخلة:

prefers(mostafa , swimming)

فإن البرنامج سوف يجيب من خلال نافذة الحوار أن هذا صحيح (True). ويمكن شرح ذلك بأن البرنامج قد أستخدم قواعد التوحيد المذكورة في الفصل الثامن من هذا الكتاب وذلك بربط المتغير (X) فى القاعدة:

preferes(mostafa,X) if preferes(adel,X).

مع الحقيقة:

preferes(adel, swimming).

ليقرر ويستدل على أن مصطفى يفضل السباحة، ويطلب البرنامج احراز هدف اخر وذلك بكتابة :

Goal:_

فإذا كتبنا مايلى:

preferes (mostafa , tennis).

فأن البرنامج يجيب بالنفي وأن هذا غير صحيح (False)، ويطلب البرنامج إحراز هدف آخر

Goal:_

فإذا كتبنا (Individual) كمتغير فى الشكل:

preferes(Individual , tennis)

فإن البرنامج سوف يستدل على اسماء الاشخاص الذين يفضلون لعب التنس ويجيب:

```
Individual = mohamed
Individual = khaled
2    Soultions
Goal :_
```

(١١-٣-٢)المتغيرات (Variables)

تبدأ الاسماء المتغيرة بحروف كبيرة(Capital) متبوعة بأحرف كبيرة او صغيرة (Small) او يمكن تمثيلة بالخط الذي يكتب اسفل الحرف ("_") وبذلك تمثل (X) متغيرا كمايلى فى القاعدة السابقة :

preferes(mostafa,X) if preferes(adel, X).

وعلى ذلك فإن

My_first_correct_variable_name
Sales_LQ_LL_8b

تمثل متغيرات، اما اذا بدأت بحروف صغيرة فإنها لا تمثل متغيرات مثال :

second_attempt
disaster

(١١-٣-٣)الأشياء والعلاقات (Objects and Relations)

واضح من البرنامج السابق ان :

١ - أسماء الاهداف تبدأ بحروف صغيره (Small) متبوعة بأى عدد من الحروف او الارقام او الخط السفلى (Underscore).

٢ - أسماء العلاقات تبدأ بحروف صغيرة و يمكن أن تضم أحرف او اعداد او خطوط سفلية مثل تملك سوزان حصاناً ويأكل خالد اللحم وغير ذلك.

```
owns(susan, horse).
eats(khaled, meat).
valuable(gold).
car(mercedes, blue, station_wagon).
```

ومن الواضح فى المثال السابق ان المجالات والإسنادات لايجب ان تحتوي على أرقام كمايلى:

```
domains
    person, activity = symbol
predicates
    preferes (person, activty)
```

(١١-٤) الاهداف المركبة (Compound Goals)

(١١-٤-١) قاعدة بيانات للسيارات المستعملة

لتصميم برنامج يحتوى علي قاعدة بيانات للسيارات المستعملة تشتمل على نوع السيارة وعدد الكيلومترات التى قطعتها السيارة والعمر واللون والثمن مثلا، فإن البرنامج يمكن أن يتكون من الاجزاء الرئسية الآتية:

١- **المجالات** (domains) :تحتوى فى هذه الحالة علي ثلاثة أسطر : يشتمل السطر الاول على تعريف مجال الماركة او النوع (Brand) واللون(colour) على انهما رموز(symbols) ويحتوي السطر الثانى على توصيف مجال عمر السيارة (age) والثمن(price) على أنهما أرقام صحيحة (integers)، ويعرف السطر الثالث نطاق عدد الكيلومترات المقطوعة (kilometerage) على أنها أرقام حقيقية (real) ربما تكون خارج نطاق الأعداد الصحيحة، ويمكن ان تحتوى على العلامة العشرية.

٢- **التوصيف للعلاقات الاسنادية** (predicates): يجرى استخدم كلمة سيارة (car) على انها العلاقة التى تربط بين النوع وعدد الكيلومترات المقطوعة والعمر واللون والثمن، والتى سوف تتغير من سيارة الى اخرى وتكتب بالترتيب الذى لابد ان يتم المحافظة عليه بعد ذلك كمايلى:

```
car(brand,kilometerage, age, colour, price)
```

٣- **التعبيرات او البنود** (clauses) : تشتمل على البيانات التفصيلية، وتكتب بالترتيب

الوارد فى العلاقات الاسنادية كما هو واضح فى الجملة الاولى والتى تشتمل على سيارة دوجان شاهين قطعت ١٣٠٠٠ميل وعمرها ٣ سنوات ولونها احمر وثمنها ١٢٠٠٠ جنية.

وبذلك يصبح البرنامج كمايلى:

```
domains
      brand, colour      = symbol
      age, price         = integer
      kilometerage       = real
predicates
      car(brand, kilometerage, age, colour, price)
clauses
      car(dogan shahin, 13000,3, red, 12000).
      car(ford, 90000,4, gray,25000).
      car(datsun, 8000,1,red,30000 ).
```

٤- إحراز هدف (Goal) : بعد تحميل البرنامج وطلب البرنامج احراز هدف وذلك من خلال نافذة الحوار كمايلى:

```
Goal :_
```

فإذا اردنا السؤال عن السيارة التي ثمنها ٢٥٠٠٠ جنية فإننا نكتب :

```
car(Make,Kilometerage,Years_on_road, Body, 25000).
```

ويجيب البرنامج :

```
Make=dogan sahin, Kilometerage=90000,
Years_on_road=4, Body=gray
1 soulation
Goal :_
```

وإذا حاولنا إيجاد الاجابة على السؤال التالى : هل هناك فى قاعدة البيانات سيارات ثمنها اقل من ٢٥٠٠٠ وتكتب فى شكل طلب تحقيق للأهداف المركبة Compuond Goals من شقين كمايلى:

```
car(Make Kilometerage,Years_on_road,Body,Cost)and
Cost < 25000.
```

فى هذه الحالة فإن البرنامج سوف يعطى بيانات جميع السيارات التى يقل ثمنها عن ٢٥٠٠٠ والتى تبين ان اللغة مزودة بعلاقة اقل من (<) وتكون الاجابة :

```
Mark=dogan sahin, Kilometerage=13000
Years_on_road=3,Color = red .
```

(١١-٤-٢)المتغير المجهول (Anonymous Variable)

يعرف المتغير المجهول بانه المتغير الذى لايراد الاستدلال علية من البرنامج، وفى هذا المثال وعندمحاولة الاستعلام عن جزء من البيانات مثل الثمن والعمر فقط فإنه يكتفى بكتابة شرطة سفلية فى مكان المتغير المجهول والذى لانريد الاستعلام عنه ويكتب كمايلى:

```
car(_,Age,_,Cost) and Cost < 27000.
```

فإن البرنامج سوف يعطى كل السيارات التى يقل ثمنها عن ٢٧٠٠٠ ويجيب :

```
Age = 3, Cost = 12000
Age = 4, Cost = 25000
2 Solutions
Goal:_
```

ويمكن استخدام المتغيرات المجهولة للتعبير عن الحقائق مثل:

```
owns(_,shirt).
washes(_).
```

والتى تعبر عن المعنى يملك كل واحد قميص او كل و احد يغتسل وهى حقائق.

(١١-٥) التتبع الخلفى (Backtracking)

(١١-٥-١) التمثيل الرمزى للصفات الشخصية

لشرح ميكانيكية التتبع الخلفى فإننا نورد قاعدة بيانات تبين العلاقة بين أسماء الاطفال وأعمارهم فى فصل دراسى، ويمكن للبرنامج ان يأخذ الشكل الآتى :

```
domains
     child = symbol
     age  = integer
predicates
       pupil(child, age)
clauses
      pupil(mohamed ,9).
      pupil(ahmed,10).
      pupil(khaled,9).
      pupil(mostafa,9).
```

يتم التعامل مع أسماء الاطفال على أنها رموز، حيث يشتمل السطر الثانى فى البرنامج على تعريف مجال العمر على انه عدد والذى يتكون من المجالات التى تحتوى على سطرين يشتمل الاول علي تعريف مجال صحيح (integer) ويحتوي تعريف العلاقة الاسنادية التلميذ (pupil) والتي تربط بين اسم الطفل وعمره (pupil (child, age ثم يلى ذلك البنود على شكل قاعدة بيانات بأسماء الاطفال واعمارهم .

```
pupil(mohamed ,9).
pupil(ahmed,10).
pupil(khaled,9).
pupil(mostafa,9)
```

لشرح ميكانيكية التتبع الخلفى فإننا نطلب من البرنامج استخراج اسماء كل طفلين يبلغ عمر

كل منهما ٩ سنوات وذلك بكتابة :

```
pupil(Person 1,9) and
pupil(Person 2,9) and
Person l <> Person 2.
```

والذى يفيد ان البرنامج سوف يقوم بالاستدلال عن كل طفلين مختلفين عمر كل منهم ٩ سنوات ويجيب البرنامج بمايلى:

```
person 1 = mohamed, person 2 = khaled
person 1 = mohamed, person 2 = mostafa
person 1 = khaled   , person 2 = mohamed
person 1 = khaled   , person 2 = mostafa
person 1 = mostafa  , person 2 = mohamed
person 1 = mostafa  , person 2 = khaled
6 Solutions
Goal :
```

يلاحظ ان البرنامج قد قام فى أول الأمر بمقارنة اول طفل عمره ٩ سنوات (محمد) بجميع الاطفال بقاعدة البيانات وتم الوصول الى ان خالد ومصطفى لهم نفس العمر، ثم بدأ في المرحلة الثانية بمقارنة الطفل الثاني بالقائمة والذى يبلغ عمره ٩ سنوات(خالد) بالاطفال من اول القائمة مرة ثانية الى ان و جد ان محمد ومصطفى يبلغ كل منهما ٩ سنوات، ثم رجع البرنامج ثانيا لمقارنة الطفل الاخير فى البرنامج (مصطفى) بجميع الاطفال من اول القائمة مرة ثالثة الى ان وصل الى محمد وخالد.

ومعنى ذلك ان البرنامج يمكنه التتبع من الخلف اى الذهاب الى أول البرنامج لعقد المقارنة مع شرط فى اخر البرنامج.

(١١-٦) النفى بإستخدام الاداة (لا) (Tautology Using Not)

(١١-٦-١)التوافق بين العادات للأشخاص (Matchmaker)

من أهم صفات البرمجة المنطقية السريعة هى استخدام اداة النفى لا والتى يتبين دورها فى هذا البرنامج الذى يهدف الى ايجاد التوافق بين العادات المكتسبة (Matchmaker) للاشخاص المختلفين وذلك لايجاد أنسب الاختيارات لعقد الزواج بين الرجل والمرأة.

يتركب البرنامج من المجالات (domains) والتى يجرى فيها تعريف الشخص على انه رمز ثم ياتى تعريف الإسنادات (predicates) فى شكل حقائق تؤكد عادات وصفات الاشخاص. مثال ذلك ان يكون الشخص مدخنا او نباتيا وأن فاطمة يمكن ان تتزوج احد الاشخاص كمايلى:

```
person = symbol
predicates
    male(person)
    smoker(person)
    vegetarian(person)
    fattmah_could_marry(person)
goal
    fattmah_could_marry(X) and
    write( " a  possible choice for fattmah is " , X ) and n1. Clauses
    male(mohamed).
    male(ahmed).
    male(khaled).
    smoker(aly).
    smoker(khaled).
    vegetarian(mohamed).
    vegetarian(khaled).
    fattmah_could_marry(X)if male(X) and not(smoker(X)).
    fattmah_could_marry(X) if male(X) and vegetarian(X).
```

ومن الملاحظ أن قاعدة البيانات التى تمثل التعبيرات او البنود (Clauses) تحتوى علي العادات المختلفة واسماء الاشخاص ويمكن وضع القاعدة أن فاطمة يمكن ان تتزوج شخص ما بصفات تحدد عند احراز الهدف، وبذلك تأتى شروط احراز الهدف كمايلى:

```
fattmah_could_marry (X) and
write(" a  possible choice for fattmah is " , X ) and nl.
```

والتى تبين ان فاطمة يمكنها الزواج من الرجل (X) ويدل السطر الثاني علي ان البرنامج يمكن أن يكتب اسم الرجل فى سطر جديد. ولشرح استخدام لا المنطقية فاننا نطلب الشرط ان فاطمه يمكن ان تتزوج شخص لا يدخن وان يكون نباتيا كما هو موضح فيمايلى:

```
fattmah_could_marry(X)if male(X) and not(smoker (X))
fattmah_could_marry(X) if male(X) and vegetarian(X).
```

وعند تحميل البرنامج فانه سوف يجيب بأن فاطمة يمكنها ان تتزوج محمدا.

a possible choice for fattmah is mohamed.

(١١-٦-٢)تمثيل وبرمجة العلاقات العائلية

لتمثيل وبرمجة العلاقات العائلية فان البرنامج يتكون من:

١ - المجالات (domains) المحتوية على تمثيل الشخص فى شكل رمزى.

٢ - توصيف العلاقات الاسنادية (predicates) التى تبين صفة الذكر والانثى للشخص وان العلاقات مثل الاب والام والاخ والاخت والعم والجد تقع بين شخصين .

٣- التعبيزات أو البنود (clauses) التى تحتوى علي الحقائق المشتملة على الاسماء وكذلك

الشروط التى تربط بين جميع افراد العائلة كما هو مبين فى التعليقات المصاحبة للبرنامج (comments) والتى تشرح كل شرط على حدة كمايلى:

```
domains
      person = symbol
predicates
      male(person)
      female(person)
      father(person, person)
      mother(person, person)
      parent(person, peson)
      sister(person, person)
      brother(person, person)
      uncle(person, person)
      grandfather(person, person)
clauses
      male(mohamed).
      male(mostafa).
      male(aly).
      male(ahmed).
      female(fattmah) .
      female(soad).
      female(marwa).
      female(rania).
      mother(marwa, fattmah).
      mother(mohamed, rania).
      father(mohamed, aly)
      father(fattmah, mostafa).
      father(soad, aly).
      father(marwa, mohamed).
      parent(X,Y) if mother(X,Y).
      parent(X,Y) if father(X,Y).
      brother(X,Y) if              /*The brother of X is Y if  */
         male(Y) and               /* Y is a male and         */
         parent(X,P) and           /*the parent of X is P and* /
         parent(Y,P) and           /*the parent of Y is P and * /
         X  <> Y.                  /* X and Y are not the same  */
      sister(X,Y) if           /*The sister of X is Y if       */
         female(Y) and             /* Y is female and    */
         parent(X,P) and          /* the parent of X is P and  */
         parent(Y,P) and          /*the parent of Y is P and   */
         X <>Y.                   /* X and Y are not the same   */
      uncle(X,U) if         /*the uncle of X is U if      */
         mother(X,P)and /* the mother of X is  P and */
         brother(P,U).        /*the brother of P is U.  */
      uncle(X,U) if         /*The uncle of X is U if     */
         father(X,P) and     /*the father of X is P and  */
         brother(P,U).        /*the brother of P is U  * /
      grandfather(X,G) if  /*The grandfather of X is G */
```

```
      father(P,G) and        /*if the father of P is G  */
      mother(X,P).           /*and the mother of X is P.* /
   grandfather(X,G) if  /*The grandfather of X is G */
      father(X,P) and        /*if the father of X is P     * /
      father(P,G).           /* and the father of P is G  * /
```

وعند تحميل وتنفيذ البرنامج من خلال نافذة الحوار فإن البرنامج يمكن ان يجيب على معظم الأسئلة التى تدخل فى تكوين هذه العائلة مثل هل محمد اخ لأحمد ؟

```
brother(mohamed,ahmed)
```

ومن يكون جد مروة ؟

```
grandfather( X , marwa )
```

ويمكن وضع اسئلة تكون اكثر تعقيداً من الاسئلة السابقة وهكذا .ومن خلال العرض السابق، يتضح ان البرامج الذكية فى لغة البرمجة المنطقية السريعة تتكون من الآتى:

١- **المجالات** (domains) **العلاقات الإسنادية** (predicates) **والتعبيرات أو البنود** (clauses) **وطلب تحقيق الاهداف** (goal) وتأخذ الشكل :

```
domains
/ * ... domain statement      ... * /
predicates
/ * ... predicate statements ... * /
goal
/ * ... subgoal_1  , subgoal_2, etc. */
clauses
/ * ... clauses ( rules and facts ) ... * /
```

٢- **الحقائق** (Facts) **والشروط أو القواعد**(Rules) وتأخذ الشكل :

```
relation( object , object , ... , object )
relation( object , object , ..., object ) if
relation( object , ..., object ) and
relation( object , ... , object ) .
```

ولكى تنطبق لغة البرمجة المنطقية السريعة (TP) مع الانماط الاخرى من لغة البرمجة المنطقية (prolog) فإنة يمكن كتابة (:-) بدلا من اذا (IF) وكذلك (،) بدلا من (و المنطقية (and) كما هو واضح فى المثال التالى:

```
is_older(person1, person2) :-
age( person1 , Age1 ) ,
age( person2, Age2 ) ,
Age1 > Age 2 .
```

٣ – **المتغيرات** وتنقسم الى نوعين:

أ – المتغير الحر (Free variable) وهو المتغير الغير محدد القيمة.

ب - المتغير المحدد (Bound Variable) وهو المتغير المحدد بقيمة ثابتة.

(١١-٦-٣)تمثيل وبرمجة الهوايات الشخصية:يبين البرنامج الاتى العلاقة بين الشخص ونوع الهواية التى يفضلها كمايلى:

```
domains
      person , hobby = symbol
predicates
      likes(person,hobby)
clauses
      likes(mohamed,reading).
      likes(aly,computers).
      likes(aly,jogging).
      likes(ahmed,jogging).
      likes(samy,swimming).
      likes(samy,reading).
```

عند محاولة سؤال البرنامج عن احراز الهدف المركب (compound gool) فى الشكل :

likes(X, reading) and likes(X , swimming)

فإن المتغير (X) يعبر عن قيمة غير معرفة ويبدأ البرنامج في البحث فى الحقائق من اليسار الى اليمين ومن اعلى الى اسفل لكى يحصل على قيمة (X) فى الجزء الاول من الهدف المركب (likes (X, reading الى ان يصل الى النتيجة ان (X) هى محمد ويجيب :

likes(mohamed , reading) .

فى نفس الوقت فإن البرنامج يضع مؤشرا (pointer) فى قاعدة البيانات تبين المدى الذى وصل له فى عمليه البحث حيث ان (X) اصبحت الان معرفة بمحمد ويبدأ البحث بعد ذلك عن الجزء الثانى من الهدف المركب :

likes(X , swimming)

وذلك من بداية المؤشر الى أخر قاعدة البيانات الى ان يصل الى النتيجة :

likes(samy,swimming)

(١١-٧)المجالات القياسية

يبين الجدول انواع المجالات القياسية المستخدمة فى لغة البرمجة المنطقية السريعة، وعلى ذلك فإن الثلاثة أسطر الآتية متكافئة فى انشاء سطر جديد

```
write( '\ 13' )
write( '\ n' )
nl
```

وعند استخدام المجالات القياسية فإنه يمكن الاستغناء عن كتابتها فى المجالات وكتابة تعريف الإسنادات كمايلى:

```
predicate
alphabet _ position(char,integer)
```

والذى يعطى الحروف الابجدية ورتبتها مثل:

```
alphabet _ position( ' a ' , 1 )
alphabet _ position( ' b ' , 2 )
```

بهذة الطريقة يمكن تمثيل عملية جمع اعداد صحيحة أو اعداد حقيقية مثل :

```
add( X , Y , Z )
```

والتى تحمل معنى:

X+Y = Z

او كتابتها كمايلى :

```
add(integer,integer,integer)
add(real,real,real)
```

من هنا نري ان اللغة تسمح بتعدد التعريف للعلاقات الإسنادية :

multiple predicate_declaration

(١١-٧-١)إستخدام المجالات القياسية

يتناول هذا البرنامج تصميم دليل مصغر للتليفونات: Mini Telephone Directory والذى يستخدم التعريف القياسى للإسنادات مثل (readln , write) والذى يحتوى على قاعدة بيانات للاسم ورقم التليفون ويعطى البرنامج رقم التليفون عند إدخال الاسم. مثال :

```
reference( " mohamed " , Y)
```

ويتكون البرنامج من الآتى:

```
predicates
      reference(symbol,symbol )
goal
      write("please type A name: "),
      readln( the_ name),
      reference( the_Name , phone_No),
      write("the phone number is " , phone_No),nl.
clauses
      reference("mohamed", "2451892").
      reference("ahmed", "5697672").
      reference("soad ", "2674006").
      reference("marwa ", "03-991051).
```

ويجيب البرنامج :

The phone number is 245189

char	'a' , 'b' , 'z'
integer	From -32.768 to +32.767
real	42705 , - 9999 86.72 , -911,929 , - 52 e238 , - 79.83 e+21
string	" mohamed's book "
symbol	telephone , " railway _ticket "
\Number	a chracter with ASCII value Number
\n	New line character
\t	Tabulate character .

يبين البرنامج التالى كيفية استخدام المجال الحرفى (char domain) كمايلى:

```
predicates
      isletter(char)
clauses
      isletter(ch)if ch <= 'z' and 'a' <= ch .
      isletter(ch)if ch <= 'z' and ' A' <= ch.
```

والذى يتم فيه إحراز أهداف كمايلى :

```
isletter('%').
isletter('Q').
```

(١١-٨) تمثيل توصيف الاشياء المركبة (Compound Objects)

عند إستخدام أشياء أو كيانات مركبة فانه يجرى تمثيلها ومعاملتها معاملة الشئ نفسة،

مثال ذلك : يملك محمد حصان يطلق عليه صفة الاسود :

```
owns(mohamed,hourse(blacky))
```

أو يقرأ احمد كتاب الايام للدكتور طة حسين :

```
reads(ahmed , book("AL_AIYAM",Taha Hussin)
```

فإن الشئ المركب فى المثالين السابقين هما :

```
horse(black)
book("AL_AIYAM"," Taha Hussin ")
```

ويطلق علي الجــزء الأول من الشئ المركب (الحـصـان او الكتـاب) على انه الدليل (Functor) ثم يلية بقية الاجزاء الاخرى المكونة للشئ نفسة وتكتب بالشكل الاتى:

```
functor( object1 , object2 , ... , object N )
```

ويمكن اتباع مايلى فى تعريف الاشياء المركبة (compound objects) فمثلاً إذا فرضنا ان هناك علاقة التملك مثل : owns(mohamed , X) فإن المتغير (X) يمكن ان يمثل طبقا للتعريف السابق على أنه رمز وبذلك يكون التعريف : owns predicate :- كالاتى لإسناد التملك owns(name , article)

وبذلك تم ادخال كلمة (article) التى يمكن وصفها بالمجالات :

```
domains
     article = book(title,auther) ;
     horse( colour )
     title , author , colour = symbol
```

ولقد تم استخدام (أ و) المنطقية (OR) فى شكل (;) وبذلك تم تمثيل و صف الكتاب بالعنوان والمؤلف ووصف الحصان بصفة اللون, ويمكن وضع تصور آخر لتوصيف إسنادات التملك (owns predicate) لتمثيل الحقائق التالية :

```
owns(mohamed , book ,("AL_AIYAM" ,"Taha Hussin")).
owns( mohamed , horse( blacky )) .
owns( mohamed , bankbook(1000)) .
```

فإذا طلب إحراز هدف فى الشكل :

```
owns( mohamed , thing ) .
```

والذى يقابل المجالات :

```
article = book( title,author ) ; horse( colour ) ;
          bankbook( integer ) .
```

فإن البرنامج يجيب :

```
Thing = book( "AL_AIYAM " , " Taha Hussin " )
Thing = horse( blacky )
Thing = bank book( 1000 )
```

قاعدة : لتعريف المجال للاشياءأو الكيانات المركبة يمكن كتابة :

```
domains = alternative1( D , D , ... ) ;
                alternative2( D , D , ...) ;
```

حيث تمثل البدائل alternative1 , alternative2 دلائل الشئ functors ويمثل (D,D,..) اسماء او صفات او مجالات قياسية مثل (integer, real,char) مع ملاحظة مايلى:

١ - وضع علامة (او) المنطقية (;) بين البدائل .

٢ - ان يتكون البديل من دليل (functor) وقائمه من المجالات الموصفة للشئ .

يبين البرنامج الاتى دليل (functor) لتحريك نقطة الادخال (cursor) على الشاشة تنفيذا لتوصيف العلاقة الإسنادية cursor(row , column) كمايلى :

```
domains
     row, column , step = integer
```

```
        movement = up(step) ; down(step);
        left(step); right(step)
predicates
        move_cursor(row,column,movement)
clauses
        move_cursor(R,C,up(step))        :-
                        R1=R-step,cursor(R1,C).
        move_cursor(R,C,down(step))    :-
                        R1=R+step, cursor(R1,C).
        move_cursor(R,C,left(_))   :-
                        C=C-1 ,cursor(R,C1)) :-
        move_cursor(R,C,right(_)) :-
                        C1=C+1,cursor(R,C1).
```

يتكون البرنامج من المجالات التى تحتوى على تعريف السطر والعمود وخطوة التحرك (step) على انها اعداد صحيحة، وكذلك تعريف إتجاه التحرك على انه الى اعلى او اسفل او يمين او يسار وذلك من خلال خطوة التحرك وتعريف إسنادات التحرك على انها صف وعمود وحركه، ثم التعبيرات او البنود التى تحتوى على تفاصيل التحرك، ويمكن تحريك نقطة الادخال مثلا من الصف الرابع والعمود التاسع على الشاشة بمقدار عمودين الى اعلى وذلك بطلب احراز الهدف: move_ cursor(4 , 9 , up(2)) .

(١١-٨-١)المجالات المشتملة علي تفصيلات دقيقة للكيانات المركبة

كما ذكرنا سابقا من استخدام المجال :

```
book(title , author)
```

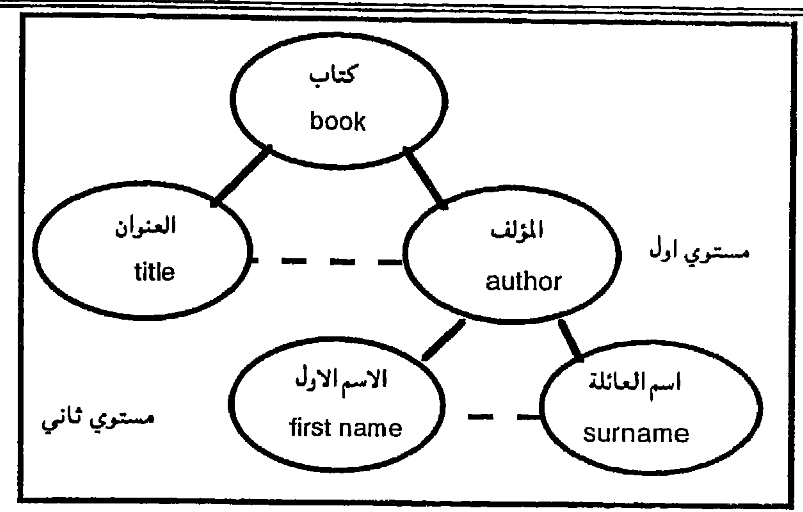
والتي توصف المؤلف على انه رمز (symbol) لاتفى بمتطلبات تعريف التفاصيل الدقيقة عن المؤلف مثل الاسم الاول (firstname) واسم العائلة (surname) وبذلك يصبح المؤلف من الاشياء أو الكيانات المحتوية على تفاصيل اخرى .بذلك يمكن كتابة المجالات التى تشمل تفاصيل وصف المؤلف بالشكل التالى :

```
domains
        articles = book( title , author ) ;
        author = author( firstname , surname )
        title , firstname , surname = symbol
```

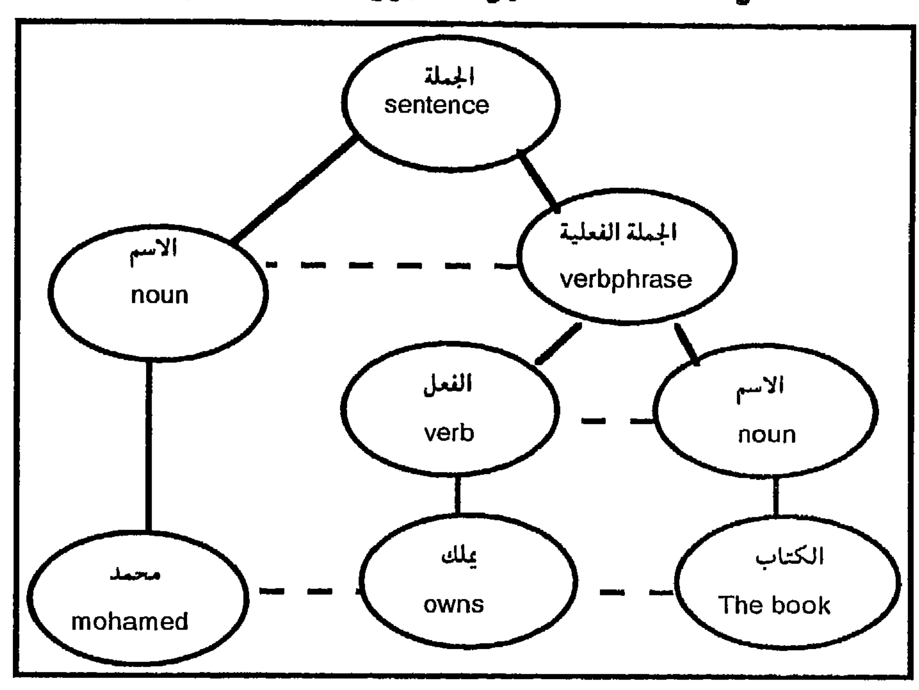
يمكن استخدام التمثيل الشجرى (Tree Representation) لوصف الاشياء التى تحتوى على اشياء اخرى ذات تفاصيل دقيقة كما هو مبين فى شكل(١١-١) وفى هذه الحالة فإن كل سطر من المجالات يقابل مستوى واحد من الشجرة :

مثال آخر : اذا أردنا تمثيل الجملة التالية :يملك محمد الكتاب.

فان التمثيل الشجرى لهذه الجملة يصبح كما فى شكل (١١-٢) . بذلك يمكن كتابة :



شكل (١١-١) التمثيل الشجرى للكيانات المركبة



شكل (١١-٢) التمثيل الشجرى للجملة الفعلية

sentence = sentence(noun , verbphrase)
noun = noun(word)

وبذلك تكون المجالات :

verbphrase = verbphrase(verb , noun) ; verb(word)
verb = verb(word)

ويكون توصيف العلاقات الاسنادية للمجالات كمايلى :

scentence(noun(mohamed),verbphrase(verb(owns),noun(book)))

(١١-٩)التكرار (Recursion)

عند المعالجة الرمزية يستخدم التكرار فى حالتين :

١ - عند توصيف العلاقات (relations) بمساعدة العلاقات نفسها والذى يسمح بتكرار العلاقة اكثر من مرة .

٢ - عند توصيف شئ مركب (compound object) يكون جزاً من شئ مركب آخر ويلزم التكرار .

يبين البرنامج التالى حساب مضروب الرقم !N من خلال المعالجة الرمزية وذلك من خلال طلب احراز الهدف الذى يمثل حقيقة وقاعدة فى نفس الوقت :

factorial (N , F)

والذى سوف يكون صحيحا (true) عندما تكون (F) مساوية لقيمة !N ،أى عندما تكون :

F= N*(N -1)*(N -2)* ... 3*2* ! .

ويصبح البرنامج :

```
domains
      n=real
      f=real          /* REAL number used for answer
                      so answers greater than 32767
                             can be returned    */
predicates
      factorial(n,f)
clauses
      factorial(1,1).
      factorial(N,Res ) if
         N > 1 and
         N1 = N - 1 and
         factorial(N1,pacN1) and
         Res = N * FacN1.
```

فإذا طلبنا احراز الهدف :

factorial(2 ,Answer)

فإن البرنامج سوف يستخدم القاعدة

factorial(2,Res) if 2>1,N1=2 -1,factorial(N1,FacN1),
Res=2 * Fac N1 .

وعلى ذلك فإنة لابد من حساب :

factorial (1 , Fac N 1) .

وذلك باستخدام الحقيقة :

factorial(1,1)

ثم حساب النتيجة Result :

Res = 2 * Fac N 1

وبذلك تكون النتيجة تساوى (2)، وعند طلب احراز هدف :

goal : factorial(4 , Answer)

فإن البرنامج سوف يستدعى الآتى :

```
calls : factorial( 4 , Res )
calls : factorial( 4 - 1 , Fac N 1 ) , 4 * Fac N 1
calls : factorial( 4 - 1 - 1 ) , FacN 11 , (4 -1) * FacN11 .
calls : factorial(4-1-1-1, Fac N111 ),(4 -1-1) * FacN111
calls : factorial( 1 , 1 )
```

أى ان البرنامج يبدأ اولا بحساب مضروب (١!) ثم يستدعي العلاقة مرة اخرى لحساب (٢!) ثم مرة ثالثة لحساب (٣!) ومرة اخرى لحساب (٤!) وهكذا.

(١١-٩-١) الاشياء المتكررة (Recursive Objects)

تستخدم وسائل التكرار في هذه اللغة لتوصيف الاشياء التى تحتوى على عدد من العناصر الغير معلومة مسبقا، ومثال ذلك عند تصميم برنامج يصف أسماء التلاميذ فى فصل من الفصول بدون المعرفة المسبقة لعدد التلاميذ فى الفصل وذلك من خلال ايجاد قائمة بالاسماء والذى يمكن تحقيقه بالاتى:

١- يجرى توصيف المجال بقائمة فارغة تمثل الفصل وهو فارغ كمايلى :

Classlist = empty

٢- تستخدم طرق التعريف المتكرر(recursive defintion) الذى يدل على احتواء القائمة للأسماء:

classlist = class(name,classlist)

فإذا كان بالفصل تلميذ واحد (محمد) فإن :

class(mohamed , X)

الاسم محمد سوف يكون اول إسم بالقائمة، وتمثل (X) القائمة الفارغة؛ فإذا كان هناك طفل اخر (احمد) فإن القائمة سوف تكون :

```
class( mohamed , class( ahmed , empty ) )
```

وهكذا فإن التعريف النهائى للمجال المركب والمتكرر كمايلى:

```
classlist = class( name , classlist ) ; empty
```

(١١-١٠)القوائم (Lists)

تعتبر القوائم من أساسيات تراكيب البيانات في لغة البرمجة المنطقية السريعة حيث يتم توصيفها بسهولة كمايلى:

١ - تكتب عناصر القوائم داخل قوسين مربعين مع استخدام الواو المنطقية فى الداخل كالآتى: [.. ,..] مثل [1,2,3] التى تمثل قائمة للارقام و (cataloge) والتى تمثل قائمة من الحيوانات.

٢ - عند توصيف قوائم تحتوى على أعداد صحيحة فإنة يمكن وصف المجالات كمايلى:

```
domains
      integerlist = integer *
```

وتدل علامة (*) على ان هذه القائمة تحتوى على عناصر كثيرة تبدأ من الصفر.

٣ - يمكن للعنصر داخل القائمة ان يكون اى شئ او قوائم اخرى بشرط ان تتبع نفس المجال، وتعرف هذه العناصر بعد ذلك كما فى الجدول شكل (١١-٣).

```
domains
      objectlist = objects*
      objects =............
```

٤- تنقسم القوائم الى جزئين الرأس (head) والذيل (tail) ويعرف الرأس بأنه أول عنصر فى القائمة ويعرف الذيل بأنه الباقى من القائمة، كما هو موضح بالجدول شكل (١١-٣).

٥- تستخدم اللغة العمود (|) لفصل الرأس عن الذيل للقائمة، وبذلك تكتب القائمة المكونة من X,Y كالآتى: [X | Y] وتستخدم ايضا فى التوافق (Matching) بين القوائم، كما فى الجدول المبين فى شكل (١١-٤).

(١١-١٠-١)إستخدام القوائم (Using Lists)

١- البحث عن عنصر في قائمة (عضوية القائمة)(List Membership)

اذا فرضنا القائمة التالية والمكونة من أسماء :

```
[ mohamed , ahmed , mostafa , khaled]
```

وأردنا أن نبحث عن إسم من هذه الاسماء بالقائمة فانه يجرى تعريف العلاقة الاسنادية عضو

List	Head	Tail
[(a),(b),(c)]	' a '	['b ' , 'c ']
[1]	1	[ ] an empty list
[ ]	undefined	undefined
[[1,2,3], [2,3,4]]	[1 , 2 ,3]	[2 , 3 , 4]

شكل (١١-٣)

List 1 القائمة ١	List 2 القائمة ٢	variable Binding تحديد قيمة المتغير
[X, Y , Z]	mohamed , eats , ice-cream	X= mohamed , Y = eats , Z = icecream .
[7] [1 , 2 , 3 , 4]	[X | Y] [X, Y|Z]	X = 7 , Y =[ ] X = 1 , Y = 2 Z = [3 , 4]
[1 , 2]	[3 | X]	لايمكن ان تتم المقارنة لإختلاف الراس فى القائمتين

شكل (١١-٤)

كمايلى :

member(name,namelist) .

ويبين البرنامج الآتى طريقة البحث عن اسم داخل القائمة، حيث يبدأ البحث فى رأس القائمة أولامع اهمال الذيل وذلك من خلال السطر الاول فى التعبيرات (البنود) والذى ينص على الآتى:

member(Name, [Name | _]) .

فاذا كان الاسم المطلوب هو رأس القائمة، فان البحث ينتهى عند ذلك، وإذا لم يكن الاسم المطلوب فى رأس القائمة فان الجملة الثانية :

member(Name , [_ | Tail]) if member(Name ,Tail)

تقود البرنامج الى البحث عن الاسم فى الذيل، وبذلك يتم البحث فى القائمة ككل، مثال ذلك مايلى:

```
 domains
      namelist = name *
      name     = symbol
predicates
      member(name, namelist)
clauses
      member(name,[name| _]).
      member(Name,[ _|Tail]) if member(Name, Tail).
```

٢- استخدام وكتابة عناصر القائمة : لكتابة عناصر القائمة فى أسطر منفصلة ومتتالية، فاننا نستخدم العلاقة التكرارية الآتية:

```
write_a_list[   ]
write_a_list( [ Head |  Tail ] ) if
write( Head ) ,nl ,write_a_list(Tail) .
```

حيث تعمل الجملة الاولى على ان ينتهى البرنامج (stop) عن العمل اذا اصبحت القائمة فارغة [ ] ، وتعمل الجملة الثانية على ان يكتب الراس فى سطر والذيل فى السطر الذى يليه.

٣- ضم القوائم : تستخدم العلاقة الإسنادية (append) لضم قائمتين في قائمة واحدة

مثال ذلك : append(List1,List2,List3)

والتى تعنى ضم القائمة الاولى (List1) مع القائمة الثانية (List2) لتكون القائمة الثالثة (List3). مثال ذلك :

```
append( [ 1 , 2 , 3 ] , [ 5 , 7 , 9 ], L )
```

فتكون النتيجة القائمة

```
L= [1,2,3,5,7,9]
```

واذا كانت القائمة الاولى (List1) فارغة ولاتحتوى على عناصر [ ]، فان القائمة الثالثة تأخذ قيم القائمة الثانية أى: append([ ],List2,List2)

و اذا تم اختيار المتغير (X) كرأس لكل من القائمة الاولى والقائمة الثالثة:

```
List 1 = [ X | L 1 ]
List 3 = [ X | L 3 ]
```

وباستخدام البند

```
append( [ X | L 1 ] , List 2 , [ X | L 3 ] if
append(L 1,List 2,L3)
```

بذلك يتكون الذيل (L3) من ذيل القائمة الاولى (L1) والقائمة الثانية كلها والمتبقى من القائمة الثالثة. ويشرح البرنامج التالى ميكانيكية استخدام العلاقة الإسنادية (append) كما فى المثال الآتى:

```
domains
     integerlist = integer*
predicates
     append(integerlist,integerlist,integerlist)
     writelist(integerlist)
clauses
```

```
append([ ],List,List).
append([X|L1], List2, [X|[3]) if
append(L1,List2,L3).
writelist([ ]).
writelist( [ ] ) .
writelist( [ Head | Tail ] )
write(Head ) ,n1, writelist(Tail) .
```

(١١-١١) ميكانيكية البحث (Search Mechanism)

تنقسم ميكانيكية البحث فى هذه اللغة الى جزئين:

١ - **الجزء الأول** : ويشتمل على عملية التوافق بين الاهداف المطلوب احرازها وبين التعبيرات أو البنود المحتوية على الحقائق والقواعد :

(matching a goal with a clauses)

وتعرف هذه العملية بعملية التوحيد (Unification process)

٢ - **الجزء الثانى** : ويشتمل على دراسة كيف تتحكم اللغة فى البحث عن الحلول (search for solution) لاحراز او تحقيق الأهداف.

(١١-١١-١) عملية التوحيد (Unification Process)

كما راينا سابقاً ان عملية التوحيد من العمليات الاساسية فى الذكاء الاصطناعى ويمكن شرحها بالمثال التالى:

(١١-١١-٢) قاعدة بيانات للمطبوعات بالمكتبات

يمكن شرح عملية التوحيد من خلال تصميم قاعدة بيانات للمطبوعات كمايلى:

```
domains
    title,author = symbol
    pages        = integer
    publication = book (title , pages )
predicates
    written_by(author , publication )
    long_novel ( publication )
clauses
    written_by(el-sharkawy , book( "EL-ARRD " ,, 210 ).
    written_by(el-sadat, book ( "EL-BAHS AN EL-THAAT",600)).
    long_novel(book(Title,Length)):-
    written_by(_ ,book(Title,Length)) ,length>300 .
```

يشتمل البرنامج علي قاعدة بيانات للمطبوعات بالمكتبات والتي تتركب من المجالات التى تشتمل على تعريف العنوان (title) الأرض او البحث عن الذات والمؤلف (Author) الشرقاوى

او الســادات، على انهم رمــوز، وتعـريف عـدد الصـفـحات على انهـا أعـداد صـحـيـحـة (integers) وتعـريف المطبوعـة (Publication) على انها تمثل كتاب مكون من عنوان وعدد صفحات.وتعرف العلاقة الإسنادية بين المطبوعة والمؤلف علي انه العلاقة كتب بواسطة (written by) ، وان المطبوعة هي قـصة طويلة (long novel)، وتشتمل البنود على البيانات لكتابى الارض والبحث عن الذات كحقائق:

```
written_by(el-sharkawy , book( "EL-ARRD ",210 ).
written_by(el-sadat,book( "EL-BAHS AN EL-THAAT", 600)).
```

وكذلك القاعدة :

```
long_novel(book(Title,Length)):-
written_by(_ , book (Title,Length)),
 length > 300 .
```

فإذا طلب من البرنامج إحراز الأهداف التالية :

١ - اذا اتخذ الهدف الشكل الآتى: written_ by(X,Y)

حيث (Y) , (X) تمثلان متغيرات حرة (Free variables)

وتجرى عملية التوحيد بمقارنة (Y) , (X) فى الهدف المطلوب مع الجملة المشتملة على الحقائق واحدة تلو الاخرى حيث يتم ربط قيم المتغيرات كمايلى:

```
X =el-sharkawy   , Y= book( "EL-ARRD " , 210 )
```

للبند الأول وكذلك :

```
X = el-sadat ,  Y = book( "EL-BAHS AN EL-THAAT ",600 )
```

فى الحالة الثانيـة، وبذلك تم ربط قيم المتغيرات بالقيم داخل الاقواس وذلك لتطابق الدليل (written by) فى الهدف والبند.

٢ - اذا اتخذ الهدف الثانى الشكل الآتى:

```
written_by( X , book( "EL-BAHS AN EL-THAAT " , Y ) ) .
```

فإن البرنامج يبدأ في المقارنة بين الهدف المطلوب و أول بند كمايلى:

```
written _ by( X , book( "EL-BAHS AN EL-THAAT , Y ) )
written _ by(el-sharkawy , book( "EL-ARRD " , 210 ) )
```

ولاتتم عملية التوحيد نظرا لاختلاف عنوان الكتاب في الحالتين.ويتولى البرنامج عقد التوافق مع الجملة الثانية:

```
written_by(el-sadat, book("EL-BAHS AN EL-THAAT",600)
```

وفى هذه الحالة فإن قيم المتغيرات تصبح :

```
X =el-sadat
Y = 600
```

حيث يتطابق عنوان الكتاب في الحالتين.يتضح ان عملية التوحيد بين هدف وجملة من البنود تكون ناجحة اذا كان:

١- الدليل (Functor) واحد في الحالتين.

٢ – عدد الحدود متساوى داخل الأقواس المكونة للشئ المركب ويجرى التوحيد بين كل زوجين متقابلين على حدة.

ويمكن تلخيص عملية التوحيد كمايلى:

١ – يتم توحيد المتغير الحر مع اي شق من التعبير أو البند.

٢ – يتم توحيد العدد الصحيح بنفس قيمته او بمتغير حر.

٣ – يتم التوحيد بين عناصر جملتين مركبتين اذا كان المدلول واحداً في الحالتين وعدد الحدود داخل الاقواس متساوٍ، وتتم عملية التوحيد بشكل زوجي.

وبذلك فإن عملية التوحيد هي التحديد لقيم المتغيرات وتراكيب البيانات من خلال توافق عام للبصمات (Pattern - Matching Mechanism).

(١١-١٢)التحكم فى البحث لاحراز الاهداف

(Controlling the Search for Soultions)

لشرح كيف تتحكم تقنيات البرمجة المنطقية السريعة فى البحث للوصول الى الحل فإننا نورد البرنامج الآتى والذى يربط بين الاشخاص وهواياتهم والمبين فيمايلى:

```
domains
      name, thing = symbol
predicates
      likes(name,thing)
      reads(name)
      is_inquisitive(name)
clauses
      likes(mohamed,juice).
      likes(khaled,tea).
      likes(Z,books) if
         reads(z) and
         is_inquisitive(z).
      likes(khaled,books).
      likes(khaled,films).
      reads(mohamed).
      is_inquisitive(mohamed).
```

يتكون البرنامج من المجالات التى تبين أن الاسم والشئ يمكن أن يمثلا رمزيا، كما تحتوى الإسنادات على علاقة التفضيل بين الإسم والشئ، أو أنه سوف يتم قراءة الاسم reads

(name) وان هذا الاسم سوف يتم الاستعلام عنه :

is _inquistive (name)

تتكون البنود من الحقائق التى تبين حب محمد للعصير وحب خالد للشاى، ثم القاعدة ان المتغير المجهول (Z) الذى يحب الكتب،مع الاستعلام عن اسمه من البنود التالية لهذا الشرط.

```
likes( Z , books ) if
reads(Z) and
is_inquistive( Z ) .
```

ولنا ان نحاول احراز الهدف

likes(X , Juice) and likes(X , books)

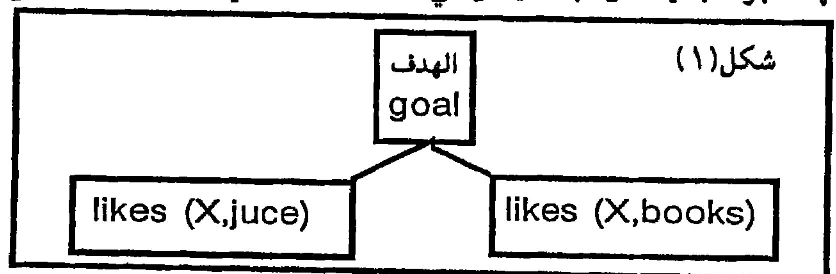
والذي يتركب من جزئين. ولنبين كيف يعمل البحث فإنه يتم استخدام التمثيل الشجرى للأهداف شكل(١) كمايلي:عند بداية البحث فان البرنامج سوف يبحث فى التمثيل الشجرى للهدف مستخدما القاعدة الاساسية التى تنص على:"ان إحراز أجزاء الهدف يتم من اليسار الى اليمين وان يراعى الترتيب الوارد فى الاسنادات والبنود بالبرنامج، على أن يتم وضع خط منقوط تحت أجزاء الهدف الذى يتم احرازه وكتابة الجملة المطابقة تحت هذا الخط " .وبذلك فان البرنامج سوف يقوم بإحراز الجزء الأول من الهدف كما هو مبين بالتمثيل الشجرى شكل(٢)حيث يتطابق الجزء الأول من البنود للهدف مع الحقيقة الأولى، وتحدد قيمة المتغير(X) بالاسم محمد.عند البحث لتنفيذ الجزء الثانى من الهدف، فانه لايتم التطابق نظرا لان قيمه (X) محددة بمحمد واختلاف كلمة العصير عن الكتب، وبذلك فان البحث يستمر ويحاول مطابقة البند الثانى ولكن لايتم التطابق لتغير الاسم الى خالد وبذلك يذهب البرنامج الى البند الثالث :

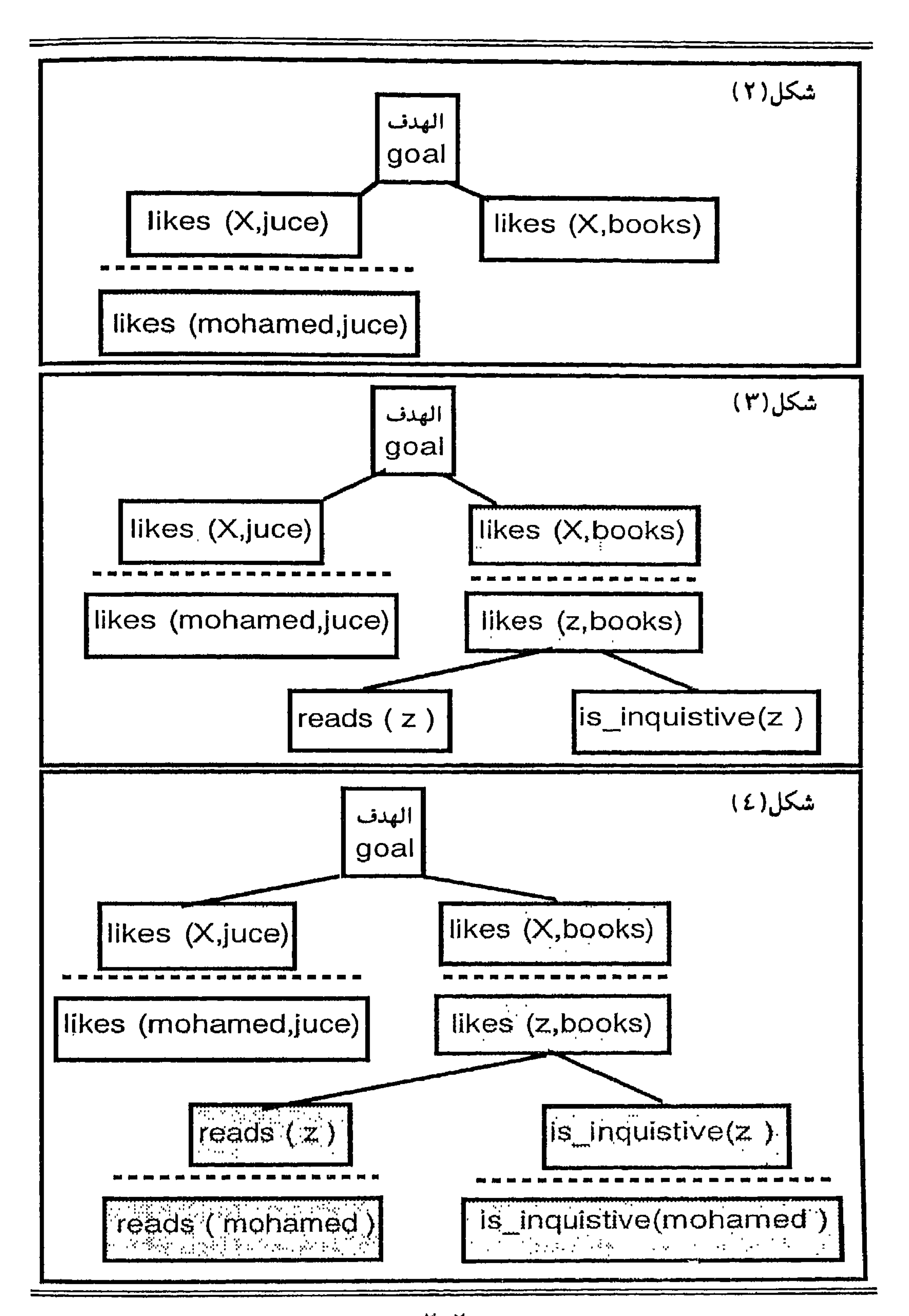
likes(Z , book) if reads(Z) and is_inquistive(Z).

حيث يتم تطابق الجزء الأيسر من الجملة اولا وبذلك تتطابق قيم (Z) , (X) أى يتم التحول من المتغير (X) وابدالة بالمتغير (Z) كما هو مبين فى شكل(٣) :وبذلك أصبح التمثيل الشجري للهدف محتويا علي جزء جديد هو :

reads(Z) and is_inquistive(Z)

وتنفيذا لهذا الجزء الجديد فان البحث يصل الي ان محمدا هو الذي يحب الكتب ويصبح التمثيل





شكل(٢)
الهدف
goal
likes (X,juce)
likes (X,books)
likes (mohamed,juce)
شكل(٣)
الهدف
goal
likes (X,juce)
likes (X,books)
likes (mohamed,juce)
likes (z,books)
reads (z)
is_inquistive(z)
شكل(٤)
الهدف
goal
likes (X,juce)
likes (X,books)
likes (mohamed,juce)
likes (z,books)
reads (z)
is_inquistive(z)
reads (mohamed)
is_inquistive(mohamed)

الشجرى شكل(٤): وبذلك يمكن القول بانه قد تم إحراز هدف عندما إمتد البحث ليشمل أطراف التفرع للتمثيل الشجري (الاوراق) .وبذلك فان البحث يسير في اتجاهات مختلفة معتمداً علي البداية طبقا للهدف المطلوب احرازه . كما رأينا ان البرنامج يظل يبحث لاحراز الجزء الثاني من الهدف بعد ان يتحقق الجزء الأول منه وانه سوف يبدأ في التتبع الخلفى (Backtracking) لايجاد حل اخر بديل للحل الذي وصل اليه او عندما لايتم احراز اي جزء من الهدف.

إحراز او تحقيق هديف (Subgoal) :

لإحراز جزء من هدف او هديف فان البرنامج يبدأ بالبحث عن تطابق الجزء الاول من الهدف(من ناحية اليسار) مع الجملة الأولى لقاعدة البيانات (clauses) وذلك فى اتجاهين :

الاتجاه الاول : اذا تم العثور على رأس اول جملة (Head) مطابقة فان البرنامج سوف يقوم بالخطوات التالية :

١ - تحديد مكان هذا الرأس بمؤشر (Pointer) وذلك لتحديد النقطة التي يمكن أن يبدأ منها التتبع الخلفى للبحث عن جملة اخرى تطابق هذا الجزء من الهدف.

٢- تحديد قيمة المتغير الحر بالرموز الواردة فى هذا الراس. بذلك تصبح المتغيرات محددة.

٣- اذا كانت الجملة المطابقة تمثل الجزء الايسر(left side) من القاعدة ، فان هذه القاعدة لابد لها أن تنطبق، وذلك بإفتراض أن الجزء الأيمن منها (right side) يمثل هدفاً جديداً.

الاتجاه الثانى :اذا لم يتم العثور علي جملة مطابقة ولم يتم إحراز هدف (goal fails) فان البرنامج سوف يحاول ان يتتبع خلفيا (backtracks) لايجاد الحل البديل للهدف السابق. وبذلك فإن جميع المتغيرات المحددة من الهدف السابق تصبح حرة مرة ثانية، ويبدأ البرنامج البحث من بداية النقطة التى تم تحديدها بمؤشر(pointer) في الحالة الاولى، ويبدأ البرنامج الرجوع الي الخلف عدة مرات محاولا احراز أجزاء الأهدف الاخرى حتى ينتهي، واذا لم يحصل على نتيجة، فان البرنامج يؤكد انه لم يتم احراز أية أهدف .

(١١-١٣)التتبع الخلفى المدفوع (Forced Backtracking)

يمكن استخدام العلاقة الاسنادية عدم النجاح فى احراز الهدف (fail predicate) وذلك لإجبار ودفع البرنامج على التتبع الخلفى، ويبين البرنامج الآتى هذا الاستخدام .

```
domains
     name = symbol
predicates
     father(name, name)
     everybody
```

```
clauses
      father(name,name)
      everybody
clauses
      father(mohamed,marwa).
      father(ahmed,aly).
      father(ahmed,soad).
      everbody if
      father(X,Y) and
      write(X,"is " , Y,"'s father \n") and
      fail.
```

يتكون البرنامج من المجالات التي تشتمل علي التمثيل الرمزي للاسم والعلاقات الاسنادية التى توضح ان العلاقة التي تقوم بين اسمين وان كل شخص يمكن ان يكون اباً، وتبين البنود حقائق الأبوة التى تربط بين إ سمين معرفين والقاعدة التى تنص على:" ان كل شخص يمكن ان يكون أباً اذا كانت هناك علاقة أبوة بينه وبين شخص أخر(X,Y) وان النتيجة هى عدم النجاح فى احراز الهدف (Fail)".كمايلى:

```
everybody if father( X , Y ) and
write ( X ," is " , Y . " 's father\n" ) and
 fail .
```

وعند تحميل البرنامج لاحراز الهدف : father (X , Y)

فان البرنامج سوف يجيب:

```
Goal :  everybody
mohamed is marwa's father
ahmed is aly's father
ahmed is soad's father
False
```

من الواضح ان البرنامج بعد أن حدد السطر الاول بأن محمد يكون أب مروة قد استخدم كلمه عدم احراز النجاح للتتبع الخلفى مره اخرى ليأتى بالحقيقه الثانيه أن أحمد والد على ثم يتتبع خلفيا للمرة الثالثة ليأتى بالحقيقة أن أحمد والد سعاد.وبذلك فان كلمه (fail) قد استخدمت لدفع البرنامج الي التتبع الخلفى، وذلك تمشيا مع الجزء الأيمن من القاعدة المبينة سابقا.

(١١-١٣-١) الايقاف المحدد للتتبع الخلفى (Preventing Backtracking)

يستخدم عنصر القطع (cut) والذي يجري تمثيله بعلامة التعجب (!) لايقاف التتبع الخلفي عند نقطة محددة، وذلك تمشيا مع القاعدة التي تنص على مايلى:

" لايمكن التتبع الخلفي مرورا بعلامة القطع "

ويستخدم القطع فى الأحوال الآتية :

١ - عندما تشير الاحتمالات أن فرص ايجاد الحل باستخدام التتبع الخلفي غير واردة وبذلك

يؤدي إستخدام الايقاف الي توفير وقت تنفيذ البرنامج .

٢ - عندما يكون منطق تصميم البرنامج لايتطلب التتبع الخلفي.

ويمكن شرح استخدام القطع لايقاف التتبع الخلفى فى المثال التالى:

اذا كانت هناك ثلاث بنود (r1,r2,r3) التى تشرح نفس العلاقه الاسنادية (r) وطلب احراز الأهداف التاليه:

a, b , c

فاذا تم كتابة الهدف في شكل القاعدة التالية :

r1 if a and b and ! c.

والتى تعنى أنه لاداعى لبدء التتبع الخلفى من أول البرنامج بل يتم التتبع من بداية علامه القطع (!) الي آخر البرنامج .ويمكن إبراز عمل علامة القطع (!) فى البرنامج التالى والذى يحمل فكرة ان الرجل يمكن ان يختار المرأه التى توافقة فى العادات، وذلك للزواج حيث يقوم البرنامج بالاستدلال على كل زوجين متوافقين.

```
domains
        name , sex,interest = symbol
        interest = interest*
predicates
        findpairs
        person( name, sex,interests)
        member(interest,intersts)
        commom_interest (interests,interests,interest)
clauses
        findpairs if person (Man, m, ILIST1 ) and
        person( woman ,  f ,ILIST2 ) and
        common_interest ( ILIST1  , ILIST2 ,  _ ) and
        write( Man , "  might marry   " , woman )  and  n1  and
        fail  .
findpairs:- write ( " ----------------end of the  1ist ----" ).
common_interest(IL1, IL2, X ) if
        member( X , IL1 ) and member( X , IL2) and !.
        person (mohamed  , m ,[ travel, books,cinema ] ).
        person(soad ,  f ,  [  Juice ,  books , swimming ] ).
        member( X   ,  [ X | _ ] ).
        member( X  ,  [ _ | L ]  )  i f  member ( X , L ) .
```

يتركب البرنامج من المجالات التى تحتوى على التمثيل الرمزى للاسم والجنس والعادات وأن العادات المفضلة للشخص يمكن ان تكون معدومة او أكثر من واحدة. * interests = interset

كماتحتوى العلاقات الاسنادية على علاقة الإيجاد لزوجين (findpairs) وعلاقة الشخص (person) التى تربط الاسم والجنس والعادات والعلاقة (member) التى تربط العادات والعلاقة (common-interst) التى تربط العلاقات المتماثلة.

تحتوى البنود على القاعدة التى تنص على إيجاد زوجين من القائمة الاولى (List1) للرجال والقائمة الثانية (List 2) للمرأة اذا كان هناك عادة واحدة مشتركة على الأقل مع كتابة اسم الرجل واسم المرأة واستخدام علاقة النفى فى إحراز الهدف (fail) لكى يصبح التتبع الخلفى واجبا كمايلى:

```
findpairs if person (Man, m, ILIST1 ) and
person( woman ,  f ,ILIST2 ) and
common_interest ( ILIST1 , ILIST2 , _ ) and
write( Man , "  might marry   " , woman )  and  n1  and
fail .
```

وتحتوى البنود كذلك علي القاعدة الاتية:

```
common _ interest( IL 1 , IL2 , X ) if
member( X , IL 1 ) and member( X , IL2 )
and ! .
```

والتى تتولى البحث عن العادة المشتركة (X) فى القائمتين، و تشتمل كذلك على أمر الايقاف للتتبع الخلفى (!) والتى تمنع تكرار الاسم عدة مرات اذا كان هناك اكثر من عادة واحدة مشتركة.

البنود المحددة والايقاف (Clauses Determinism and Cut)

كما رأينا ان الاسنادات (predicates) يمكن ان تنفذ البنود التي تأخذ أحد الشكلين:

١- **البنودأوالجمل المحددة** Deteministic Clauses والتى تعطى حلا واحد بدون التتبع الخلفى.

٢- **البنود أو الجمل الغير محددة** (Non-Deterministic Clauses) وهى الجمل القادرة علي ايجاد حلول متعددة باستخدام التتبع الخلفى، ولذلك يجب اتخاذ الحيطة عند استخدامها حفاظا على وقت تنفيذ البرنامج وحجم الذاكرة المستخدمة، ولذلك يجب التأكد من وجود الجمل الغير محددة قبل بداية تنفيذ البرنامج وذلك بإستخدام الامر(check-determ) الذى يؤدى الى إكتشاف وتحديد البنود الغير محددة.

يمكن تحويل الجمل الغير محددة الى جمل محددة باستخدام أمر الايقاف عن التتبع الخلفى لتصبح الجملة محددة بأول حل تصل اليه كما فى الجملة المحتوية على القاعدة الآتية:

```
verify _ member ( X , [ X | ] : - !
verify _ member ( X , [ _ | Y ] ) : -
verify _ member ( X , Y ) .
```

حيث أن وجود علامة الايقاف (!) سوف تؤدى الى ايقاف التتبع الخلفى.

الفصل الثانى عشر

المعالجـــة الرمزيـــة للعمليـــات الحسابيـــة والرســـوم التصويريـــة

Symbolic Processing for Arithmetic Operations and Graphics

(١٢-١)المعالجة الرمزية للعمليات الحسابية

(Symbolic Processing for Arithmetic Operations)

إن قدرات لغة البرمجة المنطقية السريعة علي معالجة العمليات الحسابية مشابة للغات اخري مثل لغة بيسك (BASIC) ولغة باسكال (PASCAL) ولغة سي (C) ، حيث تتم العمليات الحسابيه الأربعة (الجمع (Addition) والطرح (Subtraction) والضرب (Multiplication) والقسمة (Division)) كمايلى:

١ - اذا إحتوي التعبير الاصلي تعبيرات جزيئية اخري داخل أقواس فانه يجري حساب هذه التعبيرات الجزئية أولا.

٢ - اذا كان التعبير محتويا علي علامه الضرب (*) او القسمه (/) فانه يلزم حسابها بعد الخطوة الاولى وبدايةً من اليسار الى اليمين.

٣- تشمل الخطوة الاخيرة حساب الجمع (+) و الطرح (-) لما بين الأقواس والحدود للتعبير الكلى.

يبين الجدول الآتى شكل(١٢-١) طبيعة ناتج العمليات الحسابية من حيث الشكل العام ويبين الجدول شكل(١٢-٢) أولويات إجراء العمليات الحسابية : اذا كان عددا صحيحا (Integer) أو عددا حقيقيا (Real) . لاجراء عمليات المقارنة الحسابية فاننا نورد المثال التالى:

X + 4 < 9 - Y

والذي يمكن كتابته كما يلى:

plus(X , 4 , value 1)

والتي تعني جمع X , 4 لتعطي القيمة الاولي

النتيجة	الجزء الثاني	العلامة	الجزءالاول
integer	integer	+ , - , *	integer
real	integer	+ , - , *	real
real	real	+ , - , *	integer
real	real	+ , - , *	real
real	integer or real	/	integer or real

شكل (١٢-١)العمليات الحسابية

الاولوية	العملية
1	+ -
2	* /
3	mod div
4	- + (unary)

شكل (١٢-٢)أولويات العمليات

mins(9 , Y , value 2)

والتى تعنى طرح Y من القيمة 9 لتعطي القيمة الثانية (value 2)

Less _ than(value 1 , value 2)

والتي تعني ان القيمة (value 1) اقل من القيمة (value 2)

يبين الجدول الاتي شكل (١٢-٣) معاملات عمليات المقارنة وكيفية كتابة علاقاتها.

يمكن عقد المقارنة بين الحروف او المقاطع (Strings) كما يلى: 'a'<'b'

فان ذلك يكون صحيحا (True) حيث تتم المقارنة بين قيم الحرف في جدول آسكى المشفر(ASCII Code) وعند مقارنة أسماء مثل محمد وخالد: khaled > mohamed

فإن ذلك يكون غير صحيحاً (False) حيث أن قيمة الأسكي لحرف (K) اقل من قيمة الآسكى لحرف (m) فى جدول آسكى،وعند مقارنة مقطع يحتوى على نفس الحروف الاولى مثل :

" antony " > " antonia "

فإن المقارنة تجري بين كل زوجين من الحروف لهما نفس الترتيب، وفي هذا المثال فان المقارنة تستمر الي ان تصل الي حرف(y)في الكلمة الاولي والحرف(i)في الكلمة الثانية ويتضح من ذلك ان قيمة (Y) اعلي من قيمة (i) في جدول آسكي، وبذلك تكون العلاقة صحيحة (True).

ويبين البرنامج الآتى كيفية عقد المقارنة لاشياء أو كيانات مركبة (Compound Objects).

```
domains
    d= pair( integer, integer) ; single( integer) ; none
predicates
    equal( d , d )
clauses
    equal( X , X ) .
    equal( single  ( 4 ) , pair( 3 , 4 ) .
    equal( pair ( 2 , 1 ) , pair( 2 , 1 ) )  .
    equal( none , none ) .
```

ويشرح البرنامج كيفية كتابة المجالات التي تحتوي علي تعريف الزوجين (d) علي انها

العلاقة	العلامة
less than	<
less than or equal to	<=
equal	=
greater than	>
greater than or equal to	> =
different from	<> or ><

شكل (١٢-٣)معاملات المقارنة للعمليات الحسابية

تمثل زوجين من الأرقام الصحيحة وان العدد المفرد هو عدد صحيح. تحتوي العلاقة الاسنادية على علامة التساوى (equal(d , d ويمكن طلب احراز الاهداف الاتية :

```
equal( pair( 2 , 1 ) , pair( 2 , 1 ) ) .
```

لكى يجيب البرنامج بان هذا صحيح .

(١٢-٢)إيجاد الحل لمعادلة الدرجة الثانية

لإستخدام لغة برولوج لايجاد حل معادلة من الدرجة الثانية فى الشكل :

A * X * X +B * X + C = 0

حيث يعتمد الحل علي قيم الحد : D = B * B - 4 * A * C

وتبعا لذلك توجد الثلاث إحتمالات الآتية للحل:

١ - اذا كانت D = 0 فان الحل يكون وحيدا .

٢ - اذا كانت D > 0 فان الحل يعطي قيمتين X 1 , X 2.

٣ - اذا كانت D < 0 فان الحل يكون منعدما نظرا لان قيمة (X) غير حقيقية .

ويشرح البرنامج الآتى كيفية ايجاد الحل للمعادلة .

```
predicates
      solve(  real , real  , real )
      reply( real , real , real )
      mysqrt( real , real , real )
      equal( real , real )
clauses
      solve( A,B,C) :-
      D = B*B - 4*A*C , reply ( A , B , D ) , nl .
reply( _ , _ , D ) :- D < 0 , write( " No solution " ) , !.
reply(A,B,D) :-
      D = 0  , X = - B / ( 2*A ) , write ( "X=" , X ) , !.
reply(A,B,D):-
      mysqrt( D , D , sqrtD ) ,
      X1 = ( -B + squrtD ) / (2*A),
      X2 = ( -B - squrtD ) / (2*A),
      write ( " X1 = ", X1," and X2= " , X2).
mysqrt( X , Guess , Root ):-
      NewGuess = Guess- ( Guess*Guess-X)/2/Guess,
      not (equal(NewGuess, Guess) ) , !,
mysqr ( X ,NewGuess, Root).
mysqrt ( _ , Guess, Guess).
equal(X,Y):-
X/Y > 0.99999 , X/Y < 1.00001.
```

ويبين البرنامج أن الإسنادات تحتوي علي العلاقة الاسنادية ايجاد الحل(solve) لثلاث قيم حقيقية، وأن تكون علاقة الإجابة (reply) لثلاث قيم حقيقية وان الجذر التربيعى لقيم

حقيقية وأن علاقة التساوي تنشأ بين قيمتين حقيقيتين. يشرح البرنامج البنود في شكل القواعد التالية:

١- القاعدة الأولى :

```
solve( A,B,C) :-
      D = B*B - 4*A*C , reply ( A , B , D ) , nl .
```

والتى تحسب قيمة (D) وتنتهى بكتابة قيم (A,B,D)

٢- القاعدة الثانية :

```
reply ( _ ,  _ ,  D ) :- D < 0 , write ( " No solution  " ) , !.
```

والتى تجيب بعــدم وجود حل وتنتهى بعلامة ايقاف(!) للتتبع الخلفى اذا كانت قيمه D سالبة.

٣- القاعدة الثالثة :

```
reply(A,B,D) :-

      D = 0  ,  X = - B / ( 2*A ) ,  write ( "X=" , X ) , !.
```

والتي تطلب حساب(X) في حالة ان (D) تساوي صفرا وكتابة قيمة الحل الوحيد(X) وانهاء التتبع الخلفى.

٤- القاعدة الرابعة :

```
reply(A,B,D):-
      mysqrt( D , D , sqrtD ) ,
      X1 = ( -B +  squrtD ) / (2*A),
      X2= (  -B -  squrtD ) / (2*A),
      write ( " X1 = ", X1," and  X2= " , X2).
```

والتى تطلب حساب الجذر التربيعى وحساب (X 2) , (X 1) .

٥- القاعدة الخامسة :

```
mysqrt ( X , Guess , Root ):-
      NewGuess = Guess- ( Guess*Guess-X)/2/Guess,
      not (equal (NewGuess, Guess) ) , !,
      mysqrt ( X ,NewGuess, Root).
      mysqrt ( _ , Guess, Guess).
```

والتي تحسب قيمة الجذر التربيعي باستخدام طرق الضبط (itration) لقيم التخمين (Guess) تطبيقا للمعادلة : NewGuess = Guess- (Guess*Guess-X)/2/Guess,

عند تنفيذ هذا البرنامج فاننا نطلب احراز الاهداف التالية :

```
solve ( 1 , 2 , 1 ).
solve ( 1 , 1 , 4 ).
solve ( 1 , -3 , 2 ).
```

وتكون النتائج كمايلى:

```
x = - 1
No solutions
X1 = 2 and X2 =1
```

(١٢-٣) الدوال الحسابية (Arithmetic Functions)

تتميز لغة البرمجة المنطقية السريعة عن الأنماط الأخرى بإحتوائها على دوال رياضية وعلاقات إسنادية تعمل بالأرقام الحقيقية والصحيحة كما هو مبين فى المجموعات التالية:

١- المجموعة الاولى:

bitand (X , Y , Z) , bitor (X , Y , Z) ,
bitnot (X , Z) , bitxor (X , Y , Z) ,

فى هذه المجموعة من الدوال فان قيمة (X) , (Y) لابد ان تكون اعداد صحيحة، وبذلك يكون الرقم (Z) هو الناتج من اجراء العمليات المنطقية.

XOR , NOT , OR , AND

bitleft (X , N , Y) , bitright (X , N , Y)

٢- المجموعة الثانية

تعطى المتبقى من حاصل قسمة (X) على (Y) وتعطي ناتج قسمة (X) على (Y) حيث(X) عدد موجب.

٣- المجموعة الثالثة :

تشمل دوال حساب المثلثات :

cos (X) , sin (X) , tan (X)

حيث (X) تمثل الزاوية مقاسة بالتقدير الدائري.

٤ - المجموعة الرابعة :

تعطي قيمة (arctangent) لقيمة (X) الحقيقية	arctan (X)
العلاقة الأسية (e) مرفوعة للأس	exp (X) , (X)
للوغاريتم للاساس e	ln (X)
اللوغاريتم للاساس ١٠	log (X)
الجذر التربيعي لقيمة X	sqrt (X)

حيث يجري تمثيل مابين القوسين بثوابت أو متغيرات تم تحديدها مسبقا.

الفصل الثالث عشر

قواعـــد البيانـــات الديناميكيـــة

Dynamic Databases

(١٣-١) قواعد البيانات الديناميكية (Dynamic Databases)

تعتير لغة البرمجة المنطقية السريعة لغة استفهامية (Powerful query language) حيث يجرى تمثيل قواعد البيانات المرتبطة بالعلاقات (Relational databasis) فى شكل مجموعة من الحقائق التي يمكن تحويلها الي قواعد بيانات ديناميكية وذلك بالاضافة أو الحذف. وطبقا لما تم ذكرة سابقا فإن عملية التوحيد (Unification) تؤدى الى إختبار الحقائق المتطابقة ووضع القيم للمتغيرات المجهولة وإيجاد بدائل الحلول بأستخدام خوارزميات التتبع الخلفى.

فى هذا الباب يجرى تعريف قواعد البيانات الديناميكية وكيف يمكن إضافة معلومات أو حقائق أثناء تنفيذ البرنامج، وكذلك الحذف للمعلومات والحقائق القديمة أو المضافة، وكيف يمكن زيادة سرعة المعالجة في حالة قواعد البيانات الكبيرة الحجم، ويمكن القول بأن الحقائق الموصفة لقاعدة البيانات الديناميكية تختلف في المعاملة عن الحقائق الموجودة في توصيف العلاقات وذلك لوجودها في جزء خاص من البرنامج.

(١٣-١-١)توصيف قاعدة البيانات

تحتل قاعدة البيانات جزء منفصل يبدأ بالكلمة المفتاح (database) ويأتى بعد الجزء الخاص بتوصيف المجالات(domains) ثم يتوالى بعد ذلك باقى البرنامج كما هو موضح في البرنامج التالى والذى يحتوى على قاعدة بيانات للأشخاص من حيث الاسم والسن والعنوان ونوع الجنس.

```
domains
      name,address = string
      age = integer
      sex = male ; female
database
      person(name,address,age,sex)
predicates
      male(name,address,age)
      female(name,age,sex)
      child(name,age,sex)clauses
      male(Name,Address,Age) if
      person(Name,Address,Age,male).
```

من الواضح أن توصيف قاعدة البيانات يتم بإستخدام العلاقة الإسنادية شخص :

```
person(name,address,age,sex)
```

التى تسمح بإمكانية الإضافة أو الحذف لحقائق عن الاشخاص وذلك أثناء تنفيذ البرنامج. وتستخدم العلاقة الإسنادية (asserta) لإضافة وإدخال حقيقة جديدة في بداية الحقائق المدخلة من قبل لعلاقة ما، وتستخدم العلاقة الاسنادية (assertz) لإضافة وإدخال حقيقة جديدة في

نهاية الحقائق المدخلة من قبل لعلاقة ما.وتستخدم العلاقة الإسنادية (retract) لحذف أية حقائق من قاعدة البيانات، وفيمايلى يتم إضافة حقيقة جديدة عن الشخص محمد وحذف حقيقة عن الشخص أحمد كمايلى :

```
assertz(person("mohamed","Cairo" , 35 ) ) .
retract(person("ahmed",_,_) ).
```

بذلك يكون التعديل للبيانات عن طريق الحذف اولا ثم الإضافة. ويمكن حفظ قاعدة البيانات الديناميكية باستخدام العلاقة الإسنادية :

```
save("mydata.dba").
```

والتى تساعد على حفظ الحقائق فى ملف كنص (Text file) حيث يتم حفظ كل حقيقة في سطر، ثم يتم الإستدعاء لهذا الملف مرة ثانية بأستخدام العلاقة الاسنادية :

```
consult ("mydata.dba")
```

التى تسمح بقراءة قاعدة البيانات من الملف على الشاشة.

(١٣-١-٢) التعامل مع الحقائق (Handling Facts)

يمكن أن يتم التعامل مع الحقائق المخزونة فى الملفات باستخدام العلاقة الإسنادية (readterm) التى يمكنها قراءة أى بيانات أو حقائق تم كتابتها بواسطة العلاقة الإسنادية (write) والتى تأخذ الشكل :

```
readterm(<name>,TermParam).
```

حيث يمثل<name>إسم المجال المستخدم ويبين البرنامج الآتى طريقة عمل هذه العلاقة الإسنادية:

```
domains
      name,addr = string
      one_data_record = p(name,addr)
      file = file_of_data_records
predicates
      person(name,addr)
      moredata(file)
clauses
      person(Name,Addr):-
         openread(file_of_data_records,"dd.dat"),
         readdevice(file_of_data_records),
         moredata(file_of_data_records),
         readterm(one_data_record,p(Name,Addr)).
moredata(_).
moredata(File):-not(eof(File)),moredata(File).
```

بشرط أن يحتوى الملف (filedd.dat) على حقائق تتبع وصف المجال المعين مثل :

```
p("Mohamed","EL-TAHREER Street")
p("Ahmed","Tanta Street")
```

ويمكن إستخراج المعلومات من الملف بطلب إحراز الاهداف الآتية والإجابة عليها فى الحوار التالى:

```
Goal : person("Mohamed",Address).
Address="EL-TAHREER street"
1 solution
```

```
Goal : person("Mohamed","Not an address").
False
Goal : _
```

يمكن التعامل مع الحقائق التى توصف العلاقات الإسنادية لقاعدة البيانات فى شكل حدود أو أجزاء (terms) وذلك باستخدام التعريف المجالى لقاعدة البيانات (dbasdom) والذى يتولى تعريف كل حد أو جزء على انه أحد البدائل والمكون من دليل (functor) والتوصيف المجالى لهذا الجزء. مثال ذلك :

```
database
    person(name,telno)
    city(cno,cname)
```

والتى تتحول الى الشكل الآتى بواسطة نظام البرمجة المنطقية :

```
domains
    dbasedom = person(name,telno) ; city(cno,cname
```

(١٣-٢) قواعد البيانات الديناميكية الممتدة

تعتبر الحقائق المكونة لقاعدة البيانات جزء من برامج لغة البرمجة المنطقية، وبذلك يعتمد حجمها علي حجم الذاكرة المستخدمة (RAM size) ويتم الإضافة أو الحذف للحقائق باستخدام العلاقات الإسنادية (assertz,retract) . ولزيادة حجم حقائق قواعد البيانات وتسجيلها علي ملفات للبيانات (data files) بالاضافة أو الحذف يمكن إستخدام العلاقات الاسنادية (dbassert , dbretract) وبذلك فإن حجم قاعدة البيانات الديناميكية يعتمد على حجم القرص الصلب المستخدم. يمكن شرح عمل هذه العلاقات الاسنادية فى المثال التالى:

عند تصميم قاعدة بيانات ديناميكية تحتوي علي الاسم والعنوان والعمر والنوع (ذكر أو انثى) والهوايات الشخصية فانه يجرى تعريف المجالات وقاعدة البيانات كمايلى:

```
domains
    file              = datafile ; indexfile
    name , address = string
    age               = integer
    sex               = m or f
    interest          = symbol
    interests         = interest*
database
    person( name, address,age,sex,interests)
```

حيث تم تعريف ملفين أحدهما للبيانات (datafile) والأخر للفهرسة (indexfile) وتعريف تعدد الهوايات الشخصية بقائمة تبدأ من المحتوي الصفرى. وتشمل العلاقات الاسنادية على مايلى:

```
predicates
    dbassert(dbasedom)
```

```
dbretract(dbasedom)
dbread(dbasedom)
dbass(dbasedom,string,string)
dbaaccess(dbasedom,real)
dbret(dbasedom,string,string)
dbret1(dbasedom,real)
dbrd(dbasedom,string,string)
```

١ - العلاقات الإسنادية لتسجيل وحذف قاعدة البيانات علي الملفات.

٢ - العلاقة الإسنادية للقراءة وللدخول داخل قاعدة البيانات للمعالجة بالاضافة أو الحذف.

٣ - العلاقة الإسنادية لإستخدام الأرقام الحقيقية لتعريف مكان أو موضع الحقيقة أو السلسلة داخل قاعدة البيانات .

تشتمل البنود على مايلى:

```
dbassert (Term):-      dbass (Term,"dba.ind","dba.dat").
dbretract (Term):-     dbret (Term,"dba.ind","dba.dat").
dbread (Term)  :-      dbrd (Term,"dba.ind","dba.dat").
```

١- قواعد الإضافة أو الحذف أو قراءة البيانات من ملفات البيانات والفهرسة , (datafile . indexfile)

٢- قواعد الأضافة أو التعديل لحقيقة أو سلسلة في ملف البيانات و ربط موضع أو مكان الحقيقة برقم حقيقى فى ملف الفهرسة كمايلى:

```
dbass(Term,IndexFile,DataFile ) : -
    existfile ( DataFile ) , existfile(IndexFile ) , !
    openappend(datafile,Datafile ) ,
    writedevice(datafile ) ,
    filepos( datafile , pos , O ) ,
    write(Term ) , n1 ,
    closefile(datafile ) ,
    openappend(indexfile , IndexFile ) ,
    writedevice(indexfile ) ,
    closefile(indexfile ) . dbass( Term , IndexFile , DataFile ) : -
    openwrite(datafile , Datafile ) ,
    writedevice(datafile ) ,
    filepos(datafile , pos , O ) ,
    write(Term ) , n1 ,
    closefile( datafile ) ,
    openwrite(indexfile , Indexfile ) ,
    writedevice(indexfile ) ,
    writef("%7.0\n",pos),
    closefile(indexfile ) .
```

٣- قواعد غلق الملفات بعد القراءة :

```
dbrd(Term , IndexFile , DataFile ) : -
    openread(datafile, DataFile ) ,
    openread(indexfile , IndexFile ) ,
```

```
    dbaaccess(Term , -1 ) .
dbrd(_,_,_ ):-
    closefile(datafile), closefile(indexfile ) , fail .
dbaaccess(Term , Datpos):-
    Datpos>=0,
    filepos(datafile,Datpos,0),
    readdevice(datafile ) ,
    readterm(Dbasedom , Term ) .
dbaaccess(Term , _ ) : -
    readdevice(indexfile ) ,
    readreal(Datpos1 ) ,
    dbaaccess(Term,Datpos1 ) .
```

٤ - قواعد الحذف لحقيقة من قاعدة البيانات وذلك باستخدام وكتابة رقم الفهرسة لهذه الحقيقة بالسالب في ملف الفهرسة كمايلى:

```
dbret(Term,Indexfile,Datafile):-
    openread(datafile,DataFile),
    openmodify(indexfile,IndexFile),
    dbret1(Term, -1).
dbret1(Term,Datpos ) : -
    Datpos>=0,
    filepos(datafile,Datpos,0),
    readdevice(datafile ),
    readterm(Dbasedom,Term),!,
    filepos(indexfile,-q,1),
    flush(indexfile),
    writedevice(indexfile),
    writef("%7.0\n",-1),
    writedevice(screen).
dbret1(Term,_):-
    readdevice(indexfile),
    readreal(Datpos1),
    dbret1(Term,Datpos1).
    writef( " %7.0\n",pos),
```

(١٣-٣)المميزات العامة للغة البرمجة المنطقية السريعة

تحتوى لغة البرمجة المنطقية السريعة (T P) عل كل السمات العامة للغة البرمجة المنطقية التي طورت عام ١٩٨١ ، وتعتبرهذه اللغة عملية للأسباب التالية:

١ - تساعد اللغة علي كتابة برامج معتمدة علي نفسها للحاسبات الشخصية، وذلك إعتمادا على إمكانيات النوافذ (Windows) والالوان (Colors) والرسوم البيانية(Graphics) حيث يمكن المزج بين النص(Text) والرسوم البيانية داخل النوافذ كما يمكن الولوج (Access) بسهولة الى الذاكرة والتحكم فى المدخل والمخرج علاوةعلى سهولة التشفير(Coding) .

٢ - تمنح اللغة المبرمج فرصة التحكم فى شفرة المنبع (Source Code) وذلك اثناء تجميع

البرامج (Compilation) واثناء التصحيح (Debugging) وذلك بإستخدام إمكانية التتبع (Trace facility) المزود بها اللغة.

٣ - ان اتباع طريقة كتابة البرامج تقدم بيئة فريدة تؤدي الي تقليص الحجم المطلوب للبرنامج.

٤ - تعتبر لغة برمجة متكاملة (Integrated)حيث تسمح بتركيب البرنامج في شكل أجزاء أو نماذج (Modules) منفصلة يتم كتابتها بلغة اخري مثل لغة التجميع او لغة سي وغيرهما (Assembly & C).

٥ - إستخدام الإسنادات القياسية(Standard Predicates) للتعامل مع الملفات والتى تسمح بالولوج العشوائى للملفات.

٦- تحتوي اللغة على الامكانيات الحسابية للاعداد الصحيحة والحقيقية وكذلك المعاملات الحسابية والدوال مثل دوال حساب المثلثات ودوال القطعة (bit-wise) التى تستخدم للتحكم فى حركة الروبوتات.

(١٣-٣-١)عناصر لغة البرمجة المنطقية السريعة

١- الأسماء (Names): تستخدم الأسماء في وصف الثوابت الرمزية والمجالات (Domains) والإسنادات (Predicates) والمتغيرات حيث يتكون الاسم من حرف او شرطة سفلية متبوعا بأحرف أو أعداد، ويشترط ان تبدأأسماء الثوابت الرمزية بحرف صغيروأسماء المتغيرات بحرف كبير أو خط سفلي. كما تحتويهذه اللغة على بعض الاسماء المحجوزة (Reserved Words)والأسماء الممنوع استخدامها (Resricted) .

٢- شرائح البرنامج (Program Sections) :يتكون البرنامج من الشرائح المتتابعة الآتية:

- تعرف كل شريحة بالكلمة المفتاح(Keyword) . يعتبر إحتواءالبرنامج على شريحتى الإسنادات (Predicates) وشريحة التعبيرات أو البنود(Clauses) شرطا أساسيا لتكوين البرنامج علاوة علي الاستعانة بشريحة المجالات(Domains) عند تصميم برامج كبيرة الحجم، واذا لم يتم إدراج شريحة إحراز الهدف(Goal) فان البرنامج سوف يعمل طبقا للغة البرمجة المنطقية القياسية (ClocKsin &Mellish) وفي حالة تصميم برامج مكونة من جزئيات فانه يجري إستخدام الشرائح الشاملة(Global) وذلك لتوصيف المجالات أو الإسنادات، ويجب استخدام الكلمة المفتاح (keyword) فى أول كل شريحة. واحراز هدف واحد عند تنفيذ البرنامج مرة و احده.و ان تتولى التعبيرات التي توصف نفس العلاقات الاسنادية واحدة تلو الأخرى.و عند إحتواء البرنامج علي شريحة قاعدة بيانات (data base) فلابد أن تأتي قبل شرائح الإسنادات والإسنادات الشاملة.

فيمايلى توصيف للشرائح المكونة للبرنامج.

١- *المجالات (Domains)*

تستخدم الطرق الكتابية الآتية لتوصيف المجالات:

١ - الشكل الكتابي لتوصيف مجال ما : name = d حيث تمثل (d) رمز أو سلسلة أو ارقام حقيقية أو ارقام صحيحة.

٢ - الشكل الكتابي لتوصيف قائمة : mylist = element Dom*

حيث يجرى تمثيل القائمة من عناصر مجال قياسى أو معرف بواسطة المستخدم.

٣ - الشكل الكتابى لتوصيف شئ مركب:

my Comp Dom=f1(d11,...d1N);f2(d21,.. d2M); ...; fM(dN1, ... ,dNk)

حيث يمثل f1 = الدليل وتمثل d = البدائل الموصفة لاجزاء الشئ المركب.

٤ - الشكل الكتابى لتوصيف مجال ملف :

file = name 1 ; name 2 ; ... ; name N

حيث يجرى تسمية الملفات باسماء رمزية.

٢- *الإسنادات (Predicates)*

يجرى توصيف العلاقات الإسنادية بالجملة الآتية:

predname(domain1,domain2,....,domain N)

والتى تأتى بعد الكلمة المفتاح (predicates)، حيث يمثل إسم العلاقة الإسنادية (prerdname) علاقة الربط بين المجالات المختلفة والتى يمكن أن يصل عددها الى (N) من المجالات، وفى بعض التطبيقات يمكن ان تكون العلاقة الاسنادية إسم واحد فقط مثل: chоss_teams : _

same_league(X,Y) , never_played(X , Y) , write(X, Y) .

أو تكون متعددة مثل : member(name,namelist)

member(number,numberlist)

حيث تربط العلاقة الاسنادية(member)بين الاسم والقائمة وكذلك بين الرقم الأرقام.

٣- *التعبيرات (البنود) (Clauses)*

حيث يمثل التعبير أو البند الحقيقة (fact)أو القاعدة(Rule)التى تشرح إحدي الجمل الاسنادية والتى يمكن ان تكتب فى جملة واحدة أو جملة واحدة متبوعة بأداة الشرط اذا (_ : = IF) والأداة المنطقية (,) (, = AND) والأداة المنطقية أو (;= OR)

الفصل الرابع عشر

بنـــاء
نظـــم تطبيقيـــة

Building
Application Systems

يتناول هذا الباب إستخدام لغة البرمجة المنطقية السريعة (T P) لبناء نظم تطبيقية. ومن خلال إستعراض هذه البرامج يتم للقارىء تفهم ميكانيكية العمل داخل هذه النظم والتى يمكن ان تتخذ نواة فى بناء نظم مماثلة أو أكبر حجما، تشمل هذه النظم التطبيقية مايلى:

١- نظام خبير تعليمي مبسط للتعرف علي الحيوانات.

٢- نظام أولي لتقدير أفضل المسارات بين المدن.

٣- نظام إختيار المسار الآمن.

٤- محاكاة الدوائر المنطقية الرقمية.

٥- حل الالغاز.

(١٤-١) نظام خبير تعليمى مبسط للتعرف على الحيوانات

(Small Expert System for Animal Identification)

لبناء نظام خبير (Expert System) يمكنة التعرف علي مسمي وصفات أحد الحيوانات أو الطيور من خلال البحث داخل قاعدة معارف (Knowlegde Base) تحتوي مثلا علي مسمي وصفات سبعة من الحيوانات والطيور تتخذ الخطوات التالية:

١ - **الحوار النهائي:** يتم تحديد الشكل العام للحوار النهائي (Dialogue) بين المستخدم (User) والنظام الخبير والذى يمكن أن يأخذ مثلا شكل الاسئلة المتتالية الآتية:

Goal : _ run .

النظام الخبير	has it hair ?
المستخدم	yes
النظام الخبير	does it eat meat ?
المستخدم	yes
النظام الخبير	has it a fawn color ?
المستخدم	yes
النظام الخبير	has it dark spots ?
المستخدم	yes
النظام الخبير	your animal may be a (an) cheetah !

علما بأن النظام الخبير لايقوم بطرح أحد الاسئلة الا إذا تم الاجابة علي السؤال السابق (بنعم أو لا) من قبل المستخدم بإستخدام لوحة المفاتيح ، وبعد السؤال الرابع فان النظام سوف يستدل علي إسم الحيوان.

٢- **العلاقات الاسنادية:** يتم بناء التوصيف للعلاقات الإسنادية والبنود كما يلى:

أ- التوصيف للعلاقات الإسنادية (predicates) والتى تشتمل توصيف إسم الحيوان (cheetah , tiger , ostrich , ...)

وكذلك نوع الفصيلة (... , mamal , bird) على انهم رموز، ثم تعرف العلاقة الإسنادية الايجابية بين أسم الحيوان وأحد صفاتة مثل :

positive(has,dark_spots)

لتأخذ الشكل :

poitive(symbol,symbol)

كما هو مبين فيمايلي:

```
predicates
    animal_is(symbol)
    it_is(symbol)
    positive(symbol,symbol)
```

ب - التوصيف للتعبيرات أو البنود (clauses) والتى المحتوية على الحقائق (Facts)

```
clauses
    animal_is(cheetah) if
        it_is(mammal) and
        it_is(carnivore) and
        positive(has,tawny_color) and
        positive(has,dark_spots) .
    animal_is(tiger) if
        it_is(mammal) and
        it_is(carnivore) and
        positive(has,tawny_color) and
        positive(has,black_stripes) .
    animal_is(giraffe) if
        it_is(ungulate) and
        positive(has,long_neck) and
        positive(has,long_legs) and
        positive(has,dark_spots).animal_is(zebra) if
        it_is(ungulate ) and
        positive(has,black_stripes) .
    animal_is(ostrich) if
        it_is(bird) and
        negative(does,fly) and
        positive(has,long_neck) and
        positive(has,long_legs) and
        positive(has,black_and_white_color) .
    animal_is(penguin) if
        it_is(brid) and
        negative(does,fly) and
        positive(does,swim) and
        positive(has,black_and_white_color) .
    animal_is(albatross) is
        it_is(brid) and
        positive(does,fly_well) .
```

والقواعد (Rules) التى تأخذ الشكل الآتى:

```
it_is(mammal) if
    positive(has,hair) .
it_is(mammal) if
    positive(does,give_milk) .
```

```
it_is(brid) if
        positive ( has , feathers ) .
     it_is(brid) if
        positive(does,fly) and
        positive(does,lay_eggs) .
     it_is(carnivore) if
         positive(does,eat_meat) .
     it_is(carnivore) if
        positive(has, pointed_teeth) and
        positive(has,claws) and
        positive(has,forward_eyes) .
     it_is(ungulate) if
        it_is(mammal) and
        positive(has,hooves) .
     it_is(ungulate) if
     it_is(mammal) And positive(does,chew_cud)
```

يمكن إضافة تعبيرات أو بنود تحتوي علي حقائق الي قاعدة البيانات، وذلك بإستخدام العلاقة القياسية (asserta) مثل :

```
asserta(xpositive(has,black_strips))
```

والتى تضيف الحقيقة الإيجابية التالية الى قاعدة البيانات (database) :

```
xpositive(has,black_stripes)
```

وذلك بشرط أن يجري تعريف العلاقة (xpositive) في قاعدة البيانات في بداية البرنامج والتي تأخذ الشكل :

```
domains
          ............
database
      xpositive(symbol,symbol)
predicates
          ............
clauses

          ............
```

مع ملاحظة عدم إدخال القواعد (Rules) فى تعريف قاعدة البيانات، وبذلك تأخذ قاعدة البيانات الشكل الآتى:

```
database
      xpositive(symbol,symbol)
      xnegative(symbol,symbol)
```

وتكون العلاقة بين positive , xpositive هى القاعدة :

```
positive(X,Y) if  xpositive(X,Y) , ! .
```

يمكن إستخدام القاعدة المماثلة للنفى:

```
negative(X,Y) if xnegative(X,Y) , ! .
```

ويمكن إستخدام العلاقة الإسنادية (ask) لتوجية السؤال الي المستخدم في حالة إذا لم يجد البرنامج إجابات تعارض القاعدة الموجبة كمايلي:

```
positive(X,Y) if
        not(xnegative(X,Y)) and ask(X,Y,Yes) .
```

أو تعارض القاعدة التالية كمايلي:

```
        negative(X,Y) if
        not(xpositive(X,Y)) and
        ask( X,Y,no)
```

يمكن للعلاقة (ask) ان توجة السؤال وتتذكر الاجابة وأستخدام (y) للإيجاب و (n) للنفى كمايلى :

```
    ask(X,Y,yes) : -
        write(X,"it",Y,"\ n") ,
        readln(Reply) ,
        frontchar(Reply,'Y', _) , ! ,
        remember(X,Y,Yes) .
    ask(X,Y,no) : -
        write(X,"it",Y,"\ n"") ,
        readln(Reply) ,
        frontchar(Reply,'n',_) , ! ,
        remember(X,Y,no) .
    remember(X,Y,Yes) : -
        assert(xpositive(X,Y)) .
    remember(X,Y,no) : -
        assert(xnegative(X,Y)) .
```

٣- إ حراز الهدف:لإحراز الأهداف فانة يمكن تحميل البرنامج وتنفيذة وذلك بكتابة:

```
run : -
      animal_is( x ) , ! ,
      write("\ n Your animal may be a(an)",X) ,
      nl,nl,clear_facts .
 run : -
      write("\n Unable to determine what ") ,
      write("your animal is : \n \n"),clear_facts .
```

حيث يبدأ البرنامج في طرح الاسئلة و احداً بعد الآخر وأستقبال الاجابة بنعم أو لا واعطاء الاجابة الصحيحة في شكل : Your animal may be a(an) ....

أو الاجابة التى تفيد أن البرنامج غير قادر على تحديد مسمى الحيوان فى الشكل:

Unable to determine what your animal is .

يلاحظ إستخدام العلاقة (Clear-facts) وذلك للتخلص من جميع الحقائق التي تم إدخالها بواسطة المستخدم عند الاجابة علي الاسئلة حتي لاتؤثر علي الحقائق المدخلة من قبل في إحراز الهدف السابق إن وجد وإضافه شرط الخروج من البرنامج والرجوع الي نظام البرمجة المنطقية السريعة بالضغط علي عمود المسافات كمايلي:

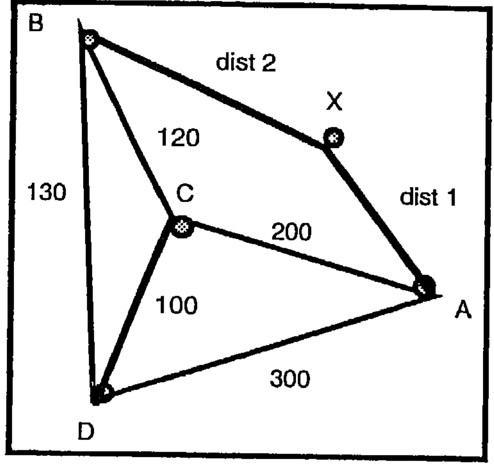
```
clear_facts : _
        retract(xpositive(_,_)) , fail .
```

```
clear_facts :-
        retract(xnegative(_,_)) , fail .
clear_facts :-
        write("\n\n please press the space bar to exit \n") ,
        readchar(_) .
```

(١٤-٢) نظام أولى لتقدير أفضل المسارات بين المدن

(Prototyping for Best Routing between Cities)

لتصميم برنامج يمكنه البحث عن أفضل المسارات بين المدن، والذي يمكن أن يعتبر نظام نموذج أولى (Prototype) لنظام أكبر يجري إستكماله بعد ذلك. لنفرض ان هناك أربعة مدن (A , B , C , D) مبينة على خريطة ما حيث تبلغ أطوال الطرق بين كل مدينتين كالآتى :



الطريق بين (A) , (C) = ٢٠٠ كيلومترا
الطريق بين (A) , (D) = ٣٠٠ كيلومتراً
الطريق بين (C) , (D) = ١٠٠ كيلومتراً
الطريق بين (B) , (C) = ١٢٠ كيلومتراً
الطريق بين (B) , (D) = ١٣٠ كيلومتراً

ويراد توجيه الاسئلة المشابهة لمايلى الى النظام:

١-هل هنال طريق يربط مدينه باخري؟

٢-هل هناك مدن تقع عل مسافه اقل من ٥٠ كم ؟

لتصميم ذلك فإن البرنامج يمكن أن يشتمل على الآتى:

أ - المجالات (domains) والتى تحتوى على التعريف الرمزى للمدينة (town) والمسافة (distance) على انهما أرقام صحيحة.

ب - توصيف العلاقات الاسنادية (predicates) حيث توصف العلاقة طريق (road) على انها المسافة بين مدينتين، وأن افضل المسارات (route) تمثل مسافة بين مدينتين.

حـ - التعبيرات أو البنود (clauses) والتي تحتوي علي الحقائق التى تمثل المسافات بين المدن المختلفة، وكذلك القواعد التي تأخذ الشكل الآتى:

```
route(Town1,Town2,Distance) :-
    road(Town1,Town2,Distance) .
```

والتى تبين أن أفضل المسارات يمكن أن يكون الطريق بين مدينتين إن وجد أو يمكن أن

يكون علي مرحلتين (Dist 1):من المدينه الاولى الى المدينه(X)ثم(Dist 2):من المدينة(X) الى المدينة الثانية، وأن أفضل المسارات هو مجموع المسافتين كمايلى:

```
route(Town1,Town2,Distance) : -
    road(Town1,Town2,Distance) .
route(Town1,Town2,Distance) : -
    road(Town1,X ,Dist1) ,
route(X,Town2,Dist2) ,
    Distance=Dist1+Dist2,! .
```

فيمايلى البرنامج الكلى:

```
domains
    town    = symbol
    distance     = integer
predicates
    road(town,town,distance)
    route(town,town,distance)
clauses
    road(A,C,200) .
    road(D,A,300) .
    road(C,D,100)
    road(C,B,120) .
    road(D,kansas_city,140) .
    route(Town1,Town2,Distance) : -
    road(Town1,Town2,Distance) .
    route(Town1,Town2,Distance) : -
    road(Town1,x,Dist1) ,
    route(x,Town2,Dist2) ,

    Distance=Dist1+Dist2,! .
```

يمكن إحراز الاهداف التالية: route(C,B) أو route(A,B,X) أو ما شابة ذلك .

(١٤-٣)(نظم الانقاذ) إختيار المسار الآمن

(Safe Routing Selection System)

لإبراز قدرة لغة البرمجة المنطقية السريعة (T P) علي بناء برامج ونظم للذكاء الإصطناعى فاننا نورد المثال التالى: نفرض ان هناك خريطة لجبل ما شكل (١٤-١) الذى يحتوى على عدة مغارات فى شكل حجرات تحتوى ثلاثة منها علي الأخطار الآتية :

١- الخطر الأول (danger 1)

٢- الخطر الثانى(danger 2)

٣- الخطر الثالث(danger 3)

وتحتوى ثلاثة اخرى على مايلى:

١- حجرة التزود بالطعام (Food)

٢- حجرة التزود بالمياه (water)

٣- حجرة للراحة (rest)

وتحتوى الغرفة السابعة على مجموعة من الأطفال(childern). والمطلوب تصميم برنامج يسمح بالدخول من المدخل وإنقاذ الأطفال والخروج بهم من المخرج مع تجنب الاخطار.ويجري بناء البرنامج لهذه المشكلة كمايلي:

١- المجالات (domains) والتى تشتمل على تعريف الحجرة (room) علي انها رمز وقائمة الحجرات (roomlist) على انها قائمة تضم عددا من الحجرات والتى تبدأ خالية (*room) كمايلى:

```
domains
      room = symbol
      roomlist = room *
```

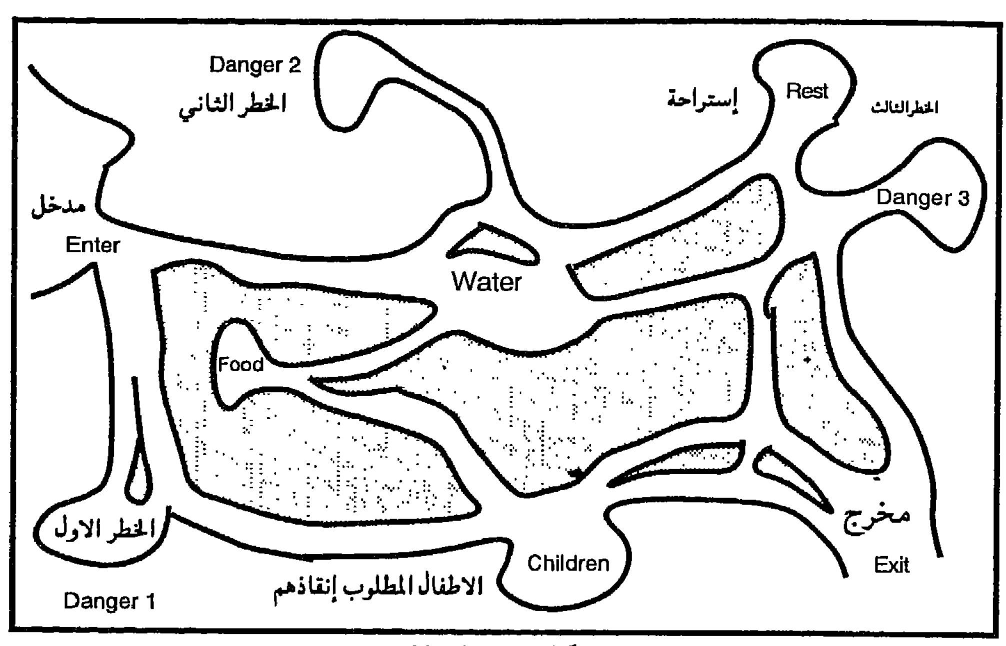
٢- التوصيف للعلاقات الإسنادية (predicates) حيث يجري توصيف العلاقة ممر (gallery) على انه يربط بين حجرتين، والعلاقة حجرة مجاورة (neighboroom) على انها تربط بين حجرتين بدون النظر الى إتجاه التحرك في الممر، وان المسار(route) هو الذي يحدد علاقة البداية من حجرة تم زيارتها الى حجرة أخرى لم يتم زيارتها مع وضع جميع الحجرات التى تم زيارتها فى القائمة (roomlist) كما هو مبين :

```
predicates
      gallery(room,room) /* there is a gallery between two rooms * /
      neighborroom(room,room) / * Necessary because it does not
                                  matter which direction we
                                  go along  a gallery * /
      avoid(roomlist)
      go(room,room)
      route(room,room,roomlist) / * this is the route to be followed .
                                  Roomlist  consists of a list of
                                  rooms already visited . * /
      member(room,roomlist
```

٣- التعبيرات (clauses) والتى تتكون من الآتى :

١- الحقائق والتى تشمل نقل حقائق الخريطة فى شكل ممرات بين كل حجرتين كمايلى:

```
clauses
      gallery(entry,danger 1) .          gallery(entry,rest) .
      gallery(rest,danger 2).            gallery(rest,food) .
      gallery(exit,childern).            gallery(rest,water) .
      gallery(danger 3,childern).        gallery(rest,danger 3) .
      gallery(food,childern).            gallery(water,exit) .
```



شكل (١٤-١)

gallery(danger 1,childern) .

٢- القواعد والتى تشتمل على الشروط التى تحدد الآتى:

أ - ان الحجرتين (X,Y) تكون متجاورتين اذا كان هناك ممر يربط بينهما .

ب - أمر الذهاب الي هنا او هناك بشرط ان يتم الذهاب الي هنا اولا .

جـ - تحديد مسار الخروج بشرط ان يتم زيارة الحجرة التي بها الاطفال مع كتابة اسم الحجرة وتجنب الحجرات المحتوية علي الاخطار كما هو مبين بالاتى:

```
neighborroom( X,Y)  if gallery(X, Y) .
neighborroom(X,Y)   if gallery(X,Y) .
avoid([ danger 1 , danger 3]) .
go(Here,Tere) if route(Here,There, [Here]) .
route(exit,exit,VisitedRooms) if
      member(childern, VisitedRooms) and
      write(VisitedRooms) and nl
route(Room,way_out ,VisitedRooms) if
      neighborroom(Room,Nextroom) and
      avoid(DangerousRooms) and
      not(member(NextRoom,DangerousRooms))  and
      not(member(NextRoom,VisittedRooms)) and
      route(NextRoom,way_out,[ Nex,|VisitedRooms]) .
member(X,[ X | _]) .
member(X,[ _| H]) if member(X,H) .
```

٤- عند طلب احراز هدف فى شكل go(entry,exit) فإن البرنامج سوف يكتب أول محاولة

ناجحة للخروج بعد ان ينقذ الاطفال، ويمكن إستخدام العلاقة (fail) لإجبار البرنامج على التتبع الخلفى بعد أن يصل الى أول محاولة ناجحة كمايلى:

```
rout(Room,Room,visitedRooms) if
      member(childern,visitedRooms) and
      write(visitedRooms) and nl and
      fail .
```

وبذلك نحصل علي جميع المحاولات الناجحة لتحديد المسار الآمن لإنقاذ الاطفال.

(١٤-٤) محاكاة الدوائر المنطقية الرقمية

(Simulation of Digital Logic Circuits)

كما تم ذكره سابقا من اعتماد لغة البرمجة المنطقية السريعة على العلاقات الإسنادية الأساسية التى توصف الدوائر المنطقية مثل (XOR,NOT,OR,AND)، والتى يمكن ان تستخدم فى بناء دوائر منطقية اكبر حجما.ويبين شكل(١٤-٢)دائرة منطقية رقمية تقوم بعمل دائرة (XOR) ويمكن تحويل هذه الدائرة الي برنامج يحتوي على:

١- المجالات (domains)

```
domains
      d = integer
```

والتى تبين تعريف مجال الحرف على أنه عدد صحيح.

٢ - الإسنادات (predicates) والتى تحتوى على تعريف للعلاقات الإسنادية لكل دائرة منطقية منفصلة والذى يشمل الربط المنطقى بين المدخل والمخرج.

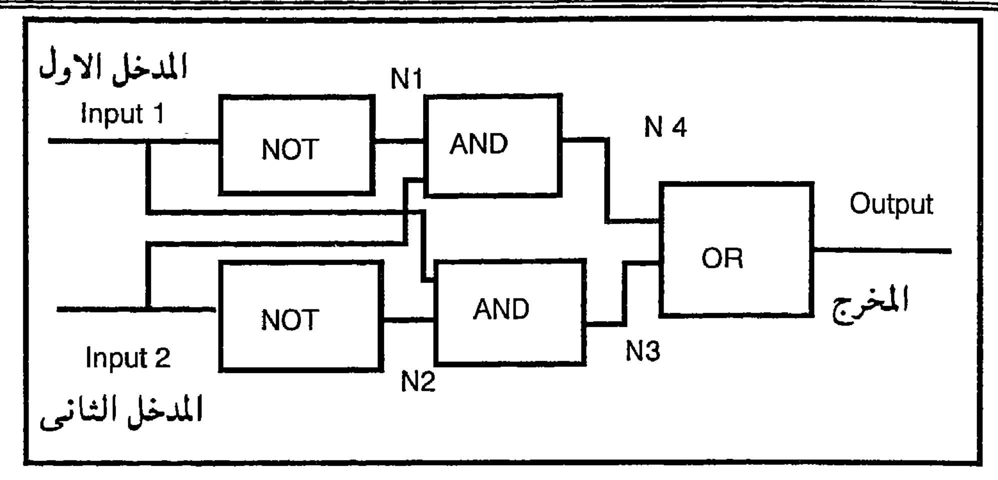
```
predicates
      not_( D,D)
      and_(D,D,D)
      or_(D,D,D)
      xor_(D,D,D)
```

٣ - البنود (clauses) والتى تحتوى على:

أ- الحقائق المنطقية لإحتمالات المدخل والمخرج لكل دائرة منطقية على حدة.

```
clauses
      not_(1,0) . not_(0,1) .
      and_(0,0,0).and_(0,1,0).and_(1,0,0).and_(1,1,1 ) .
      or_(0,0,0).or_(0,1,1).or_(1,0,1). or_(1,1,1) .
```

ب - القواعد الشرطية للدائرة والتي تفيد ان هذه الدائرة سوف تمثل (XOR) اذا شملت دائرتين (NOT) ودائرتين(AND) ودائرة ثالثة (OR) بالعلاقة الإسنادية الموصفة للمدخل والمخرج لكل منها كمايلى:



شكل(١٤-٢) دائرة او المانعة (XOR)

```
xor( input1 , input 2 , output ) if
not_( input 1,N1) and not_(Input 2 , N 2) and
and_ ( Input 1, N 2, N 3) and not_( Input 2,N 1,N 4) and
or_( N 3, N4, 0 ) .
```

٤ - يتم إحراز الهدف التالى:

xor(Input1,Input2,Output)

و سوف يجيب البرنامج بجدول الحقيقة (Truth-Table) كمايلى:

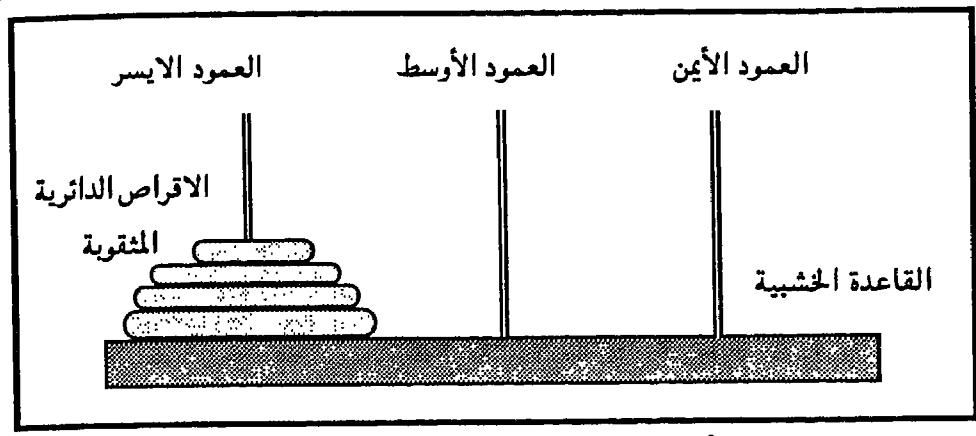
```
Input1 = 0 , Input 2 = 0 , output = 0
Input1 = 0 , Input 2 = 1 , output = 1
Input1 = 1 , Input 2 = 0 , output = 1
Input1 = 1 , Input 2 = 1 , Output = 0
4 solutions.
```

(١٤-٥)حل الألغاز (Puzzle Solving)

لبيان كيف يمكن إستخدام البرمجة المنطقية السريعة في إيجاد الحلول للألغاز فاننا نورد المثال التالى: يتركب لغز " أبراج هانوى " من ثلاثة أعمدة (الأيمن والأوسط والأيسر) مركبة على قاعدة خشبية، ويحمل العمود الأيسر عددا من الاقراص الخشبية الدائرية الشكل(N) والمثقوبة من المنتصف والمتتالية الاقطار والمرتبة ترتيبا تنازليا طبقا للأقطار كما هو مبين بالشكل(١٤-٣) ، يراد نقل هذة الاقراص من العمود الايسر الي العمود الايمن بإستخدام العمود الاوسط كعامل مساعد بحيث يتم النقل في النهاية بنفس الترتيب مع تنفيذ الشرط :

" أن لايكون هناك فى أى حال من الأحوال أثناء النقل أن يقع قرص كبير فوق قرص أصغر".

ويكون حل اللغز سهلا اذا كان عدد الاقراص واحدا او إثنين، ولكن اذ ا زاد العدد عن ذلك



شكل (١٤-٣) لغز " ابراج هانوي "

فـان الحل يصبح معقداً .يمكن ان تتبع الإستراتيجية الآتية فى بناء البرنامج اذا كان عدد الأقراص (N) :

١- نقل الأقراص (N-1) من العمود الأيسر الى العمود الاوسط .

٢- نقل القرص الأخير من العمود الأيسر الى العمود الأيمن.

٣- نقل الأقراص (N-1) من العمود الأوسط الى العمود الايمن .

بذلك يصبح البرنامج فى الشكل التالى:

```
domains
      pos = right ; middle ; left
predicates
      tower(integer)
      move(integer, pos,pos, pos)
      inform(pos, pos)
clauses
      tower(N) : - move(N,left,middle,right) .
      move(1,A,_,C) : - inform(A,C) , ! .
      move(N,A,B,C) : -
         N1= N-1,move(N1, A,C, B),inform(A,C),move(N1,B, A,C) .
       inform(pos1, pos2) : -
         write( " \ nMove a disk from ", pos1, " to ", pos2) .
```

ويطلب إحراز الهدف التالى:

```
tower ( 3 )
```

فإن البرنامج سوف يكتب الآتى:

```
Move a disk from left to right
Move a disk from left to middle
Move a disk from right to middle
Move a disk from left to right
Move a disk from left to right
Move a disk from middle to left
Move a disk from middle to right
```

Move a disk left to right

(١٤-٦)تخمين الكلمات (Word Guessing)

كمايبين البرنامج التالي كيف يمكن تخمين الكلمات (Word Guessing) وذلك بإختيار كلمة مجهولة للاعب، ويتسلسل البرنامج كما فى الخطوات التالية:

١- تعريف عدد الأحرف المكونة للكلمة ، ويتم ادخال ذلك في البرنامج word(w, L)

٢- يخمن الاعب أحد حروف الكلمة، ويتم ادخالة من لوحة المفاتيح فإذا كان هذا الحرف من مكونات الكلمة فانها تذهب الى النافذة الايجابية - نافذة نعم - واذا لم يكن هذا الحرف من مكونات الكلمة فإنه يذهب الى نافذة النفى - نافذة لا .

٣- يتولي تخمين الحروف الاخري المكونة للكلمة ويتوالي كتابتها في احد النافذتين الى ان يتم الوصول الى تخمين صحيح للكلمة.

٤- يقوم البرنامج بحساب نسبة الخطأ والصواب للاعب .

```
domains
        list = symbol*
        scores = integer
predicates
        member( symbol , list )
        run continue( list , scores )
        yes_no _ count( symbol , list )
        guessword( scores , list )
        word(list , integer )
        read_ as_list( list , integer )
        goal makewindow( 1 , 7 , 0 , "  " , 0 , 0,25, 80 ) ,
        makewindow( 2,7, 145, " counting" , 1, 20 , 4 , 34 ) ,
        makewindow( 3, 112 , 112 , " YES " , 5 , 5 , 7 , 30 ) ,
        makewindow( 4 , 112 , 112 , " N O " , 5 , 40  , 7 ,30 ) ,
        makewindow( 5 , 7 , 7    , "  " , 14, 20 , 10 , 34 ) ,
        run .
 clauses
        run : -
            word( W,L) ,shiftwindow( 1) , clearwindow ,
            write( " The word has " , L , : letters " ) ,
            shiftwindows( 2 ) , clearwindow,
            shiftwindows( 3 ) , clearwindow,
            shiftwindow( 4 ) , continue  ( W , 0 ) , fail .
            continue ( L , R ) : -
            shiftwindow( 5 ) , clearwindow,
            write( " Guess a letter : " ) ,
            Total = R + 1 , readln ( T )_ , yes _ no _ count ) T , L ) ,
            shiftwindow( 5) , clearwindow,
            guessword( Total , L ) , continue ( L , Total ) .
```

```
yes_ no _ count( X , List ) : -
        member( X , List ) , shiftwindow( 3 ) , write( X ) ,
        shiftwindow( 2 ) , write( X ) , ! .
yes _ no _ count ( X , _ ) : -
     shiftwindow( 4 ) , write( X ),
     shiftwindow( 2 ) , write( X) .
     guessword( Count , Word ) : _
     write( " Know the word yet ? press  y  or  n " ) ,
     readchar( A ) , A = ' Y ' , cursor( 0 , 0) ,
        write("Type it in one letter per line \ n ") ,
        word(word,L),read_as_list(G,L),
        G = word,clearwindow,window_attr(112) ,
        write("Right ! you used",count,"guess(es)") ,
readchar( _ ),window_attr(7), ! ,fail .
        guessword(_,_ ) .
        word([b,i,r,d],4).word([p,r,o,l,o,g],6) .
        word([f,u,t,u,r,e],6) .
        member(X,[X|_]):- ! .
        member(X,[_|T]): -member(X,T) .
        read_as_list([ ],0):- ! .
read_as_list( [Ch|Rest],L) : -
        readln(Ch), L1=L-1, read_as_list(Rest,L1) .
```

الفصل الخامس عشر

لغـــة البرمجـــة باسلـوب القائمـة

LISP

(١٥ - ١) التعرف على لغة البرمجة بالقائمة (List Processing)

يمكن إطلاق اسم لغة البرمجة بإسلوب القائمة علي هذه اللغة، ويمكن للإنسان لأول وهلة التعرف علي برامج هذه اللغة من الشكل العام للكتابة، حيث تحتوي كل جملة علي قوس كامل علي الأقل كما هو واضح في الامثلة المبينة فيما يلي، حيث توجد نجمة قبل ذلك القوس (Asteris) والتي تعنى إوجد القيمة (eval) لمايتم كتابته في داخل القوسين، ووجود مسافة فارغة علي الاقل بين مفردات عناصر الجملة. يمكن كذلك ملاحظة ان جملة لإيجاد الجذر التربيعي مثلا للرقم (٣٦) تنفذ فورا عندما يكتب الطرف الثاني من القوس، وأنه يمكن كتابة الارقام بدون قوس، وأن غياب الطرف الثاتي من القوس يمنع تنفيذ هذه الجملة كما هو واضح فى الامثلة التالية :

```
* (sqrt 36)
6

*9
9

*( )
nil
```

ومع أن اللغة تعتبر لغة غير حسابية فإنه يتم تنفيذ العمليات الحسابية لما بين القوسين فورا مثل إيجاد الفرق او إيجاد القيمة المطلقة (abs) أو وضع الارقام فى وضع تبادلى. توضح الأمثلة

* (min 7 4 9 5 7) 4	*(* 4 5 6) 120
* (-4.98 6.38) 1.40	*(max 3 5 9 12 1 0 8) 12
*(+1 2 3) 6	*(exp 1) 2.7182818
* (abs -9.50) 9.50	*(= 6 (/60 10) t
*(expt 5 2) 25	*(> 9 3) t
* (quote(Mohamed Ahmed.)) Mohamed Ahmed.	*(>= 7 6_ t
* (List U .A.R) (UAR)	*(> 6 6) nil

التالية جملة لايجاد القيمة الصغرى (min) لبعض الأرقام، والذى يقابله برنامج مكون من اكثر من جملة فى اللغات الاخرى وكذلك ايجاد القيمة المطلقة والرفع الى الاس والجمع والطرح كما فى الجدول المبين.

(١٥-١-١)الذرات (Atoms) والقوائم (Lists)

من أهم سمات لغة البرمجة بالقائمة أنها لغة رمزية (Symbolic) تأخذ فيها التعليمات (Instructions) للبيانات نفس التعبير الرمزي الشكل لتقارب للغة الطبيعية (Natural Language) وأنها تتكون من ذرات (Atoms) بمعناها الشكل العام المجازي من انها أصغر شيء لايمكن تفتيته وانها ليست قائمة، وعلي ذلك فإن الارقام الصحيحة (Integers) والاخرى ذات النقطة العشرية المتحركة (Floating) والتى تقبل القسمة تعرف على أنها ذرات رقمية (Numerical Atoms) كما يجرى تعريف الأشكال مثل حرف (T) أو أسماء العمليات الرياضية مثل اجراء الجمع (Sum) ، والمجموع الكلى(Total) أو الافعال أو الاسماء العادية مثل رجل اوطفل و ما الى ذلك على أنها ذرات شكلية او رمزية (Atoms Symbolic).

يجرى تعريف القائمة (List) بأنها الجملة التى تبدأ بالطرف الأيسر للقوس ويمكن ان تشتمل على أصفار او ذرات او قوائم كاملة اخرى كما هو واضح فى القوائم التالية :

1- (this is a list)
2- ((this is a list) within a list)
3- (defun both -empty (a b) (an (null a) (null b)))

يعتبر العنصر الاول فى القائمة الذى يلى بداية القوس هو الدالة (Function) التى يجرى تنفيذها على بقية العناصر التالية التى تعتبر المدلول للعملية (Argument)مثال :

```
*(max 3 5 9 12 1 0 8)
12
```

(١٥-٢) تراكيب البرامج (Programming Structure)

يتركب البرنامج المكتوب بلغة البرمجة باسلوب القائمة من جزئين أساسين:

١- **الجزء الاول** :وهو النموذج(Form) ويعرف بأنه الشكل النمطي الذي يمكن ايجاد قيمة له عند تنفيذه.وتنقسم الاشكال النمطية للنموذج الي خمسة انواع كالاتي :

أ - النموذج الذي يقوم بإيجاد قيمته بنفسه (Self Evaluating)والذى يشتمل على جميع الارقام والحروف والكلمات ... الخ ..

ب - النموذج المتغير (Variable Form): والذي يمثل بشكل من الاشكال النمطية

block catch copmpiler - let declare eval - when flet function go	if labels let let * macrolet multiple - value - call multiple - value - prog1 progn	progv quate return-from setq tagbody the throw unwhnd-protect
Names Of All Common LISP Special Forms		

شكل (١٥-١) - النماذج الخاصة والمحجوزة للغة البرمجة بالقائمة

ويأخذ قيما متغيرة.

جـ - النموذج الخاص (Special Form) وهو بعض النماذج التي تم حجزها لهذه اللغة، والتي يمكن التعرف عليها للقيام بمهام معينة لكل واحدة علي حدة كما هو مبين في شكل (١٥-١) .

د - الاستدعاء العام(Macro Call) والذى يتمثل بقائمة يكون عنصرها الاول شكلا رمزيا او دالة من غير النماذج المحجوزة فى الجدول شكل (١٥-١) والتى تعرف بعد ذلك ويمكن استدعائها لتنفيذ ذلك.

هـ - الاستدعاء الدالى (Function Call) هى القائمة التى يكون عنصرها الاول ليس من النوع الخاص او نوع الاستدعاء العام.

٢- الجزء الثانى:

هو الدالة التى تعمل على إيجاد القيمة للمدلول. ولقد تم البدء باستخدام الارقام وذلك لتشجيع القاريء والمبرمج العادي بالدخول فى تفاصيل البرمجة بالقائمة مع ان العمليات الحسابية ليست هى الهدف الاساسى لهذه اللغة. وتكمن قوة هذه اللغة فى انها تقوم بالتحليل والمعالجة للنمط الشكلى او الرمزى (Symbolic Manipulation).

(١٥-٣) العمليات الحسابية المنطقية (Arithematic Manipulation)

تعتبر القائمة الصفرية (nil) والصفر (null) والحرف(T) من الثوابت في لغة البرمجة بالقائمة، ويستخدم الصفر لتوقع نتيجة منطقية غير صحيحة(False) ويرمز لها بالرمز(F) أما إذا كانت النتيجة صحيحة (True) فيرمز لها بالرمز (T) وذلك عند تنفيذ الدوال الحسابية مثل التساوى وأكبر من وأقل من وإيجاد النهايات العظمى والصغرى. مثال :

* (setq x 5) 5 * (setq y 7) 7 * (psetq x y y x) *x 7 *y 5	* (setq x (+2 3)) 5 * (setq Hometown ' (Cairo)) (Cairo) * (Setq) nil * (setq x (-9 4) y x) 5

شكل (١٥-٢) دوال تخصيص القيم

```
*(null nil)
t

*(null (a b)
nil
```

١٥-٣-١) التعامل بالقوائم (List Operations)

من أهم مميزات لغة البرمجة بالقوائم أنه يوجد كثير من الدوال مثل (Set) , (List) (Append) التى تتعامل مع القوائم والتى توضح ان هذه اللغة شديدة القرب من اللغة الطبيعية، ومن أهم الاستخدامات يمكن تلخيص الآتى:

أ - دوال تخصيص القيم (Assign Values) :

وهى التى تستخدم لتخصيص قيم مثل (Set , Setq , Pset) ولتوضيح إمكانية التعامل مع القوائم فإن الدالة (Setq) عند تنفيذها يأخذ العنصر الاول قيمة العنصر الثاني كما هو واضح فى الامر (Set) كما هو واضح فى الجدول (١٥-٢).

ب - دوال تجزئة القوائم الي أجزاء (Take List Apparts) :

وهى التى تجزىء القائمة الى أجزاء مثل الدالة (Car) التى تختار العنصر الاول فقط (أى رأس القائمة) فقط و الدالة (Second) التى تأخذ العنصر الثانى فقط، ثم الدالة (Cdr) التى تختار كل عناصر القائمة ماعدا العنصر الاول أى أنها تختار ذيل القائمة، وهذا واضح فى شكل (١٥-٣) .

جـ - دوال بناء القوائم وعرضها (Construction&Display)

من أهم دوال بناء القوائم من عناصرها هى الدوال (List) , (Append) , (Cons) وهى التى تقوم بتجميع عناصر القوائم بترتيب مختلف فى كل حالة لتعطى قائمة خاصة طبقا لنوع الدالة المستخدمة كما هو واضح فى شكل (١٥-٤) وشكل (١٥-٥) .

د - دوال إعادة التنظيم(Reorganise List)

هذه الدوال مثل (Member) التى تعمل على التحقق من وجود اسم داخل قائمة او التأكد

```
* ( car ' ( x y z))
x
* ( car ' (( USA Washington - DC ) China ))
( USA Washington - DC )

* ( car ( car ( cdr ' (( plus 7 8 ) ( x y ) 1 ))))
x

* ( cdr ' ( x y z))
( y z )

* ( second ' ( a b c d ))
b
```

شكل (١٥-٣) دوال تجزئة القوائم الى رأس القائمة وذيلها

*(atom 'expert) t *(listp '(expert system)) t *(listp 'expert) nil *(setq p ' x) x *(eq p 'x) x *(eq p q) nil *(eq p (car (list p q))) t *(eq (float 3) (float 3)) nil	*(equal 5 (- 7 2)) t * (setq x '(p q)) (p q) * (list 'U ' S ' A) (U S A) *(Cons X X X) ((p q) p q p q) *(append X X X) (p q p q p q) *(cons (car X) (cdr X)) X

شكل (١٥-٤) - دوال إعادة بناء القوائم وعرضها بشكل آخر.

من وجود حرف داخل كلمة حيث يجرى تمثيل الكلمة كقائمة مكونة من أحرف مثلاً، وكذلك الدالة إتحاد (Union) التى تعمل على اتحاد مجموعة عناصر لأكثر من قائمة وتكون النتيجة قائمة واحدة متحدة العناصر. ودالة التقاطع (Intersection) التى تعطى العنصر المشترك بين أكثر من قائمة، وكذلك دالة ايجاد الفرق او طرح القوائم (Set difference) التى تقوم بطرح قائمة من أخرى، ودالة ايجاد التكرار (Length) والتى تقوم مقام العداد فى اللغات الاخرى، وهذا واضح من الشكل (١٥-٦) الآتى:

```
* ( apply # ' cons ' ( because ( I Love Summing )))
( because I Love Summing )

* ( setq fastly '( David Lisa Eileen Emily))
(David Lisa Eileen Emily )
* ( and ( member ' Lisa family ) ( member ' Tam family ))
( Lisa Eileen Emily )

* ( mapcar # ' + ' ( 1 5 10 20 25 ) '( 1 2 3 4 5 ))
( 2 7 13 24 30 )
```

شكل (١٥-٥) - مثال آخر لدوال إعادة البناء والعرض والتجميع

```
*(setq Love '(I Love Summing ))
( I Love Summing )
*(reverse Love )
( Summing Love I )
*(reverse ' p ' (p q r p s ))
(q r s )
* ( member Dave ' (peter Lin Dave Linda ))
(Dave Linda )
*(union '(peter Lin Dave Linda ) '(Dave Lisa Eileen Emily ))
(peter Lin Dave Linda Lisa Eileen Emily )
*(intersection '(peter Lin DAve Linda ) '(Dave Lisa Eileen Emily ))
(Dave )
*(setdifference '(peter Lin Dave Linda ) '(Dave Lisa Eileen Emily )
(peter Lin Linda )
*(list '(peter Lin DAve Linda ))
(Linda )
*(length '(p q )0
nil
*( length '((p q) (p q) (p q)))
3
```

شكل (١٥-٦) - دوال إعادة التنظيم

(١٥-٤)الدوال الأكثر استخداماً

(Commonly Used LISP functions)

سوف نتناول عرض الدوال الاكثر إستخداماً فى الأنماط الاكثر شيوعاً للمستخدم وهى فرانس ليسب (FranzLISP) والليسب العام (CommonLISP) والمبينة فيما يلي:

١- الدوال الإسنادية (Predicat Functions)

وتعطى هذه الدوال الاسنادية اما صحيح (t) أو الصفر (nil).

الدالة الاسنادية	الاستخدام	القيمة المعطاة
atom	(atom arg) تؤكد الدالة ان المدلول علية عنصر وليس قائمة	t iff arg is not a list تكون النتيجة صحيحة اذا كان المدلول عليه عنصر وليس قائمة
equal	(equal arg1 arg2) تؤكد الدالة ان المدلولين عليهما متساويين في القيمة	t iff arg1 and arg 2 are equal تكون النتيجة صحيحة اذا كانت القيم متساوية

٢- الإسنادات الحسابية (Arithmetic Predicates)

الدالة الاسنادية	الاستخدام	القيمة المعطاة
=	(= arg1 arg2) تؤكد الدالة التساوي بين قيمتين	t if arg1 = arg2 تكون النتيجة صحيحة اذا كانت القيمتين متساويتين
>	(> arg1 arg2) تؤكد الدالة القيمة الاولي اكبر من الثانية	t if arg1 > arg2 تكون النتيجة صحيحة اذا كانت القيمة الاولي اكبر من الثانية
<	(< arg1 arg2) تؤكد الدالة القيمة الاولي اصغر من الثانية	t if arg1 < arg2 تكون النتيجة صحيحة اذا كانت القيمة الاولي اصغر من الثانية
>=	(>= arg1 arg2) تؤكد الدالة القيمة الاولي اكبر من او تساوي الثانية	t if arg1 > or = arg2 تكون النتيجة صحيحة اذا كانت القيمة الاولي اكبر من او تساوي الثانية

٣- التعامل بالقوائم (List Manipulation)

الدالة الاسنادية	الاستخدام	القيمة المعطاة
car	(car L arg) تقوم الدالة بتحديد الحرف الاول من الكلمة(الرأس)	the first element of Large:L تكون النتيجة الحرف الاول من الكلمة

القيمة المعطاة	الاستخدام	الدالة الاسنادية
the list Large without the first element : arg تكون النتيجة باقي الحروف(الذيل) ماعدا الحرف الاول من الكلمة	(cdr L arg) تقوم الدالة بتحديد باقي الحروف(الذيل) ماعدا الحرف الاول من الكلمة	cdr
a list whose car is arg1 and whose cdr is arg2. (cons abd yrf) abdyrf تكون النتيجة قائمة واحدة	(cons arg1 arg2) تقوم الدالة بضم قائمتين متتاليتين	cons
a list containing the elements of Larg1 followed by Large 2 (append abcd 12567890) abcd12567890	(append Large1 Larfe2) تقوم الدالة بضم قائمتين متتاليتين	append
تكون النتيجة عدد العناصر في كل جزء من القائمة the number of elements in a list -> one -list ((a b) (c) (def) (gh)) -> (mapcar 'length one -list) (2 1 3 2)	(length a_list) تقوم الدالة بتحديد عدد العناصر في قائمة	length
that part of Larg begining with the first occurrence of arg1. arg تكون النتيجة العناصر المشتركة	(member arg1 Larg) تقوم الدالة بايجاد العناصر المشتركة في قائمتين متتاليتين	member
the nth element of a list (nth 8 abcdefghijk) j تكون النتيجة العنصر المحدد الترتيب	(nth index list) تقوم الدالة بايجاد العنصر ذو الرقم المحدد الترتيب في القائمة	nth
(delete mohamed mohamed aly) aly تكون النتيجة بحذف العنصر المحدد	(delete element list) تقوم الدالة بحذف العنصر المبين من القائمة (delete element list)	delete
(remove mohamed mohamed aly) aly تكون النتيجة بحذف العنصر المحدد	تقوم الدالة بحذف العنصر المبين من القائمة	remove

٤- دوال التخصيص (Assignment)

القيمة المعطاة	الاستخدام	الدالة الاسنادية
each symb i is set to have the value i -> (setq bob 'gray) gray تكون النتيجة القيمة المعينة للرمز	(setq symb1 val i [symb2 val2 ....]) تقوم الدالة بتخصيص الرمز بالقيمة التي تليه	setq
->(set price 4) 4 تكون النتيجة القيمة المعينة للتعبير	(set expr value) تقوم الدالة بتخصيص التعبير بالقيمة التي تليه	setf

٥- دوال الخواص والمشاركة (Property and Association)

القيمة المعطاة	الاستخدام	الدالة الاسنادية
the frist elemt of Larg whose car = arg ->(assos arg Larg) L تكون النتيجة الرأس الغير مشترك	(assos arg Larg) تقوم الدالة بحذف الذيل المشترك	assos
the value associated with property value of symb تكون النتيجة القيمة المعينة للخاصية	(get symb prop_val) تقوم الدالة بتخصيص الخاصية بالقيمة	get
adds to the property list of name the value under indicator تكون النتيجة القيمة المعينة للخاصية	(putprop name val ind) تقوم الدالة باضافة القيمة المعينة الي قائمة اسماء الخواص	putprop

٦-دوال حسابية (Arithmetic Functions)

القيمة المعطاة	الاستخدام	الدالة الاسنادية
98 تكون النتيجة القيمة العظمى	(max 3 7 9 0 56 45 98 12) تقوم الدالة بايجاد القيمة العظمى	max

القيمة المعطاة	الاستخدام	الدالة الاسنادية
0 تكون النتيجة القيمة الصغرى	(min 3 7 9 0 56 45 98 12) تقوم الدالة بايجاد القيمة الصغرى	min

٧-دوال التعريف والتطبيق (Definition and Application)

القيمة المعطاة	الاستخدام	الدالة الاسنادية
fname تكون النتيجة اسم التعبير	(defun fname arg1 exp) تقوم الدالة بتحديد الاسم لتعبير	defun
func_ name تكون النتيجة اسم الدالة المطبقة	(putd alt_ name func_ name) تقوم الدالة بايجاد اسم الدالة المطبق	putd
list of the values returned from the functional application -> mapcar ' atom '(a b '(c a) (d) e (f g))) (t t nil nil t nil) تكون النتيجة صحيحة في حالة التطابق وغير صحيحة في الحالات الاخري	(mapcar fun Larg1 Larg2 ...... Largn) تقوم الدالة بالتحقق من تطبيقها علي القوائم	mapcar
-> (apply 'plus '(1234) 10 تكون النتيجة جمع الارقام في القائمة	(apply fun args) تقوم بتنفيذ عمل الدالة علي القائمة	apply

٨-دوال التحكم (Control Functions)

القيمة المعطاة	الاستخدام	الدالة الاسنادية
(cond 1 clause1 1 clausen) A branching function تقوم بتنفيذ التفرع	(cond 1 clause1 1 clausen) A branching function تقوم بتنفيذ التفرع	cond
value of last expression in body exp. تكون النتيجة قيمة المتغير الاخير في جسم القائمة	(let var_binds body_exp) تقوم الدالة بربط القيمة للتعبير الاخير في جسم قائمة	let

القيمة المعطاة	الاستخدام	الدالة الاسنادية
-> (do 'plus '(1234) 10 تكون النتيجة جمع الارقام في القائمة	(do) تقوم بتنفيذ عمل الدالة علي القائمة	do
b if a evaluates to non - nil , els c تكون النتيجة القيمة الاولي اذا كان الشرط لا يساوي الصفر والقيمة الثانية في غير ذلك	(if a b c) تقوم الدالة بتنفيذ التضمين الشرطي	if

(١٥-٥)التكرار عند عكس عناصر القائمة (Recursive List reverser)

يعتبر استخدام التكرار في لغة ليسب عنصراً أساسياً وذلك لسهولة الاستخدام وللطبيعة الرمزية (Symbolic) للبيانات، ويمكن القول بأنه سوف يتم الاستعانة بالتكرار فى كثير من الحالات وخصوصا عند ايجاد وترتيب القوائم لتأخذ الشكل الهرمى (Hierarchical List).

لتوضيح ذلك فإننا اذا طلبنا تنفيذ دالة عكس عناصر القائمة في الشكل الآتى :

```
->rev '(a b c d))
(d c b a)
```

والتى تتولى عكس عناصر القائمة لتعطى القائمة الآتية:

وبإستخدام دالة التتبع يمكن الحصول على الخطوات التالية :

```
1- rev [list : (a b c d)]
2- rev [list : ( b c d)]
3- rev [list : ( c d)]
4- rev [list : ( d)]
5- rev [list : (nil)]
5- rev=(nil)
4- rev=(d)
3- rev=(d c)
2- rev=(d cb)
1- rev=(d c b a)
(d c b a)
->
```

والتى تبين ان القائمة تم تجزءتها الى الرأس (car) والذى يشتمل على العنصر (a) والذيل (cdr) والذى يشمل (b c d) ثم تكرارهذه الخطوة وفصل الحرف (b) كرأس للقائمة ثم التكرار الى ان نصل الى قائمة صفرية ثم عكس هذه العناصر ويلاحظ ان استخدام التكرار والضم للحصول على قائمة تحتوى على جميع عناصر القائمة الاولى بشكل معكوس.

يمكن كتابة دالة العكس بالشكل الاتى:

```
(defun rev (list)
(cond
((null list nil)
(t (append (rev (cdr list))
(list (car list)]
```

ويمكن القول بأن دالة العكس (reverse) تفصل وتمرر العناصر من الذيل الى ان تنتهى عند اول العناصر، ولذلك تعرف بأنها دالة التكرار البادئ من الذيل (Tail Rcursive).

(١٥-٦) التصنيف والتوحيد للنماذج (Classification / Mode Unification)

اذا تصورنا اننا سوف نحلل احدى الصور الغير ملونة (Grey-Level) ذات الدرجات المتدرجة من الابيض والاسود، وانه قد طلب من ان نبنى نظاما يمكنه الاجابة على السؤال الاتى:

هل يوجد بالصورة سيارة او دبابة ؟

(Is there an auto or tank in the image?)

للإجابة على هذا السؤال فإننا نحتاج الى مايلى:

١ - خوازميات لاستخراج الملامح الخافتة (Low-level features) من الصورة مثل الحواف (Edges) والتقطيع للشرائحالمحددة بخطوط (Line segment) والمنطقية (Regions) وهكذا ووضعها فى شكل نموذج مناسب للتعرف والتفرقة بين السيارة والدبابة مثلا.

٢- وضع البرنامج فى شكل شبيه باللغة الانجليزية (English-like) ويمكن للحاسب التعامل معه، وبذلك نبدأ بوضع الوصف الآتى للسيارة :

```
auto
          has-part                wheels
          has-id                  owner
          has-location            exterior
          has-part                roof
          has-for propulsion      engine
wheel
          has-part                tire
          may -have -part         spokes
          may -have -part         fancy -hub -cap
          is                      round
                                  unless is flat
and
roof
          location -is            (usually) highest -point
          may-be-type             convertible
```

٣ - يمكن وضع الوصف السابق فى شكل يعتمد على القواعد (Rule-based) وذلك يتشفيرها فى الشكل : إذا توفر الشرط -تكون النتيجة ، كمايلى:

```
if    (? entity)
              has-part   spokes   and is round
          or     (? entity)has -part   fancy -hub-cap and  is round
          then    (? entity)  may be wheel.
          and  if     (? entity)
              has -attributes wheels  owner roof
then
               (? entity) is a auto
              or (? entity)  is a mobile- home
              or (? entity)   is a ......
              or (? entity)is unknown.
```

٤ - او وضع وصف هذا الكيان فى شكل قائمة للحقائق (Fact Structure) كمايلى:

```
(fact  2     (entity auto)
          (has  ( wheels  owner   exterior  interior  roof engine)
          (other_entries  (car  truck  vehicle))
          (used_ for  (transportation  status _ symbole)))
```

٥ - او وضعها بشكل تركيب قاعدي(Rule Structure) كمايلى:

```
(if ((? entity)  has (wheels  and  owner  and  roof ....))
(then ((? entity)  is a auto)
or  ((? entity)  is a mobile-home).....)
```

٦ - أو إستخدام قواعد الانتاج (Rule Production Structure) كمايلى:

```
(rule  50    (concerns  (car  an  auto   mobile-home))
          (applicable_if (in vehicle  frame))
          (antecedent_is
             (if( (? entity) has (wheels  and  owner  and
             roof))
          (production_ is
             (then  ((? entity) is an  auto)
          (alternate_productions
             (then  ((? entity) is a  mobile-home).....
          (futher_information
             (top_down (see transportation status_ symbole))
             (bottom_up (see wheels driver  owner...)))
          (confidence (use function an auto _confidence)
          (update_rule  (apply learning_function
                number  20))))))
```

(١٥-٧) خواص التمثيل بلغة ليسب

(Characterization of LISP Reperesentations)

مما سبق يتضح الخواص الآتية عند إستخدام لغة ليسب فى التمثيل:

١ - غالبا ما يكون التمثيل لبيانات غير رقمية.

٢ – قدرة اللغة على تمثيل بيانات معقدة التركيب والوصف وذلك بإستخدام دالة تقسيم القوائم (car) التى تسمح بتمثيل القوائم البسيطة والقوائم المعقدة مثل الوصف الكامل للسيارة او الدبابة بسهولة ويسر.

٣ – يمكن للتمثيل ان يشمل كيانات مختلفة مثل :

(spoks,wheel,car,owner, tire,,roof)

٤ – يمكن للتمثيل ان يشمل العلاقات بين هذه الكيانات المختلفة مثل :

(has,is,has_spokes,may_be).

٥ – يمكن للتمثيل ان يشمل الخواص مثل (is_round , convertable).

٦ – يصبح التمثيل عديم القيمة اذا لم يحتوى على العديد من العلاقات التى تبرز التمييز بين الكيانات والصفات والعلاقات نفسها.

٧ – يجري تمثيل بيانات الصور والكيانات بتركيبات تتميز بانها شبيهة باللغة الانجليزية

٨ – يسمح التمثيل فى شكل القوائم بالوصول الى كفاءة فى طرق البحث والموائمة (Searching,Matching) علاوة على قابلية التحول (Isomorphic) من الرسوم الجرافيكية والبيانية والصور والتراكيب المنطقية.

ومن أهم مميزات التمثيل بلغة ليسب مايلى:

١ – السهولة فى تمثيل القوائم فى ذاكرة الحاسب (Computer memory).

٢ – قابلية التحول (Isomorphic) بين القوائم والتفرع الشجرى (Trees) .

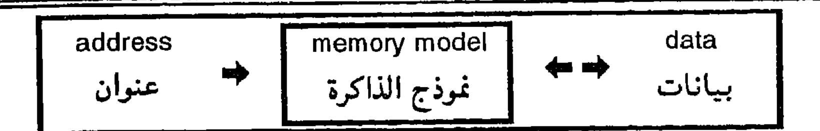
٣ – يساعد تمثيل الكيانات فى شكل قوائم على سهولة الحصول على الشبكات الدلالية (Semantic Nets) والتمثيل بإستخدام الاطارات (Frames).

(١٥-٧-١) نماذج ذاكرة الحاسب (Computer Memory Models)

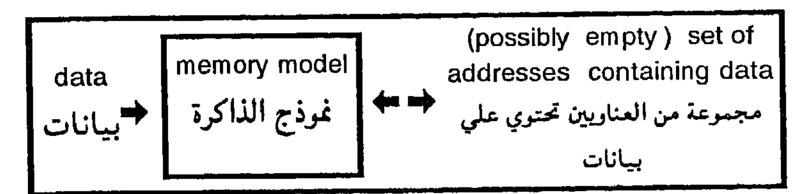
يمكن تقسيم ذاكرة الحاسب الى النماذج الآتية :

١- **النموذج القياسى** (Standard Model) : والذى يمثل ذاكرة الحاسب الحديث (١٩٩٢)وذلك للقراءة أو الكتابة والمبين فى شكل (١٥-٧) حيث يمكن تمثيل الذاكرة علي انها مصفوفة ذات بعد واحد (1-D Array) مفهرسة بعناوين (Address)، وتصبح القراءة هى استخراج ما بداخل العنوان من بيانات، والكتابة هى عملية التخزين لهذه البيانات كما فى شكل (١٥-٧).

٢ – **النموذج الترابطى** (Associative Model)(AM) والذى يستخدم كثيراً لتسهيل



شكل(١٥-٧)النموذج القياسي (Standard Model) للذاكرة



شكل(١٥-٨)النموذج الترابطي (Associative Model) للذاكرة

عملية البحث والذي يعتبر عكس النموذج الاول من حيث وجود البيانات عند المدخل سوف يرتبط بعناوين فارغة أو عناوين محتوية على بيانات (Content Addressable Memory)(CAM) والمبين فى شكل (١٥-٨)

(١٥-٧-٢) تمثيل الرسوم البيانية فى الذاكرة

(Computer Representation of Graphs)

لتمثيل الرسوم البيانية فى شكل قوائم يتم تخزينها داخل ذاكرة الحاسب يمكن الاستعانة باحدى الطرق الآتية:

١ – **المصفوفات الخطية** (linear Arrays) : يمكن خزن قائمة فى ذاكرة الحاسب بشكل مباشر وذلك بترتيبها لتخزن بأماكن بالذاكرة تأخذ شكل مصفوفة خطية فإذا كان حجم القائمة معروف مقدماً فإن ذلك لايمثل مشكلة علي الاطلاق، كما هو مبين في شكل (١٥-٩).

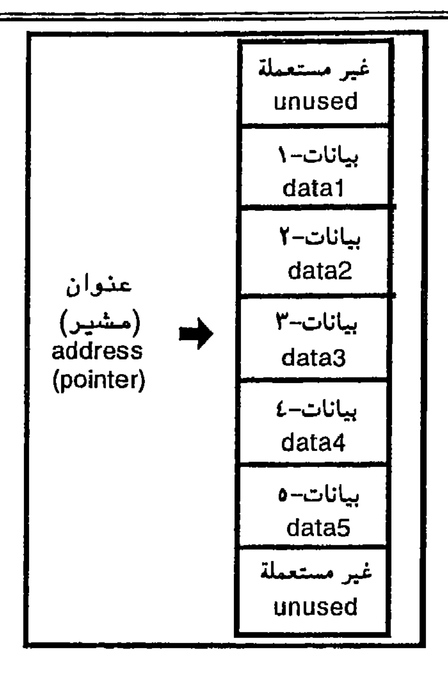
من أهم معوقات إستخدام المصفوفات الخطية لتراكيب البيانات مايلى:

١ – يعتبر إضافة او حذف بيانات أوتغيير حجم التركيب او نوعيته عملية صعبة.

٢ – لايعكس التركيب الخطي في الذاكرة أي علاقات بين عناصر القائمة.

٣ – عند إستخدام طرق البحث الثنائية لإستخراج أو إسترجاع عنصر من قائمة مكونة من عدد (m) من العناصر فإنه يلزم العدد الآتى من المقارنات: $n = \log_2(m)$

٢ – **التركيب للقوائم المتصلة** (Linked Lists) :من أهم تراكيب البيانات التي لاتسمح بالمعوقات السابقة هى التراكيب المتصلة والمبينة فى شكل(١٥-١٠) حيث يمثل كل عنصر من التركيب المتصل للقوائم على خلية للبيانات متبوعة بمشيرللخلية القادمة والتى تتبع الاولى، وبذلك يمكن القول بأن الذاكرة فى هذه الحالة تصبح ديناميكية من حيث تعيين مكان عنصر



شكل(١٥-٩) تراكيب معتمدة علي المصفوف الخطى البسيط
(Simple linear Array)

البيانات، وتصبح الاضافة أو الحذف معتمدة على المشيرات فقط.

من خواص تراكيب البيانات المعتمدة على القوائم المتصلة مايلى:

١ - تبلغ عدد المقارنات في المتوسط لادخال او استخراج عنصر من قائمة متصلة يبلغ عدد عناصرها (m) ما يلى :

$$n\ (insert / remove) = m/2$$

٢ - يبلغ متوسط عدد المحاولات للإسترجاع العشوائى لعنصر مايلى :

$$n\ (retrieval) = m/2$$

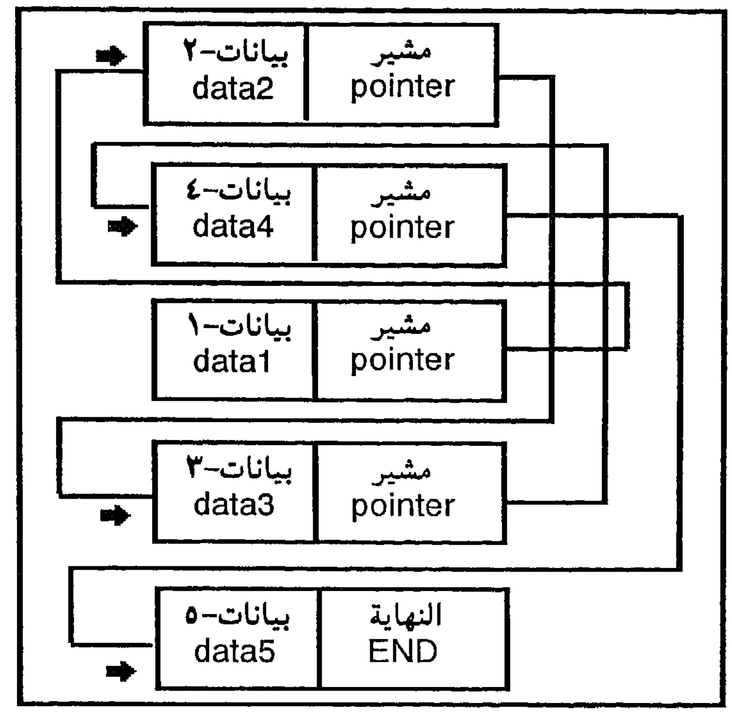
٣ - يستخدم المشير (END) للاشارة الى انتهاء القائمة.

(١٥-٧-٣) تمثيل العلاقات فى شكل مصفوفات
(Matrix Representation of Relations)

إذا فرضنا ان الكيانات والاهداف والفروض والعلاقات التى تشرح موضوع ما كانت معرفة، وأردنا ان نحصل على تمثيل لهذه التراكيب فى شكل مصفوفة، فإنه يمكن عمل الآتى:

١ - ترقيم كل هدف او شيئ والذي يمثل عقدة(node) وبذلك نحصل علي مجموعة من العقد المرسومة التي تحمل مجموعة الارقام [1,2,.....j] .

٢ - لتوضيح العلاقة بين اى عقدتين وهو ما يسمى بايجاد الحد بين اى عقدتين وذلك للمجموعة



شكل(١٥-١٠) تراكيب معتمدة علي القوائم المتصلة
(Linked - list structure)

المرتبطة بالعلاقة (R) فإنه يمكن تمثيلها بالمصفوفة الآتية :

$$ADJ[i,j] = \begin{cases} 1 & \text{if } (i,j) \text{ in } R \\ 0 & \text{if } (i,j) \text{ not in } R \end{cases}$$

وبذلك نحصل على تركيب للبيانات فى بعدين (A 2D) اى مصفوفة ثنائية، ويمكن القول بأن هذا التركيب الثنائى البعدين سوف يتم تحويله الى متجه ذو البعد الواحد (1-D) حيث يمكن خزنه بذاكرة الحاسب. وتكمن المعوقات لهذا التمثيل فيمايلى :

١ - تعتبر عملية الاضافة من العمليات المعقدة .

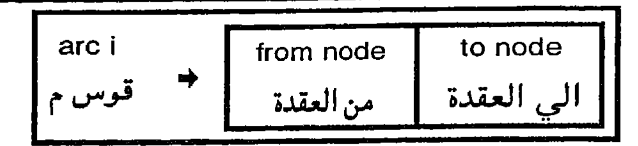
٢ - يعتبر التمثيل غير معنون .

٣ - تعقيد عملية البحث.

٤ - كبر حجم الجزء المحجوز من الذاكرة مع قلة البيانات المخزونة.

وللتغلب علي هذه المعوقات يتم الاتى:

١ - اقتراح تمثيل يحفظ العلاقة بين الحدود الفاصلة (الاقواس) والتى تأخذ شكل المصفوفة الاحادية (1-D) من [ ] الى وذلك طبقاً للقاعدة التالية [ ] كمايلى:



شكل(١٥-١١) التركيب التمثيلي للأقواس بين العقد

```
if edge i represent member (x ,y) of relation R
then {make the following assignment}
 from [ i] := x ;
to [ i] = : y
```

وبذلك يتم تكوين تركيب لكل الاقواس في العلاقات والتي يمكن ان تأخذ الشكل المبين فى شكل (١٥-١١)والذى يشتمل على تركيب يمثل الاقواس (arc) التى تربط بين العقد، وبذلك فإنه يمكن تمثيل العلاقة الموجهة (R) بخليتين تخصص الخلية الاولى للاتجاه من العقدة (from node). وتمثل الثانية الاتجاه الي العقدة التالية (رقم العقدة التالية) (to node). ويطلق على هذا التركيب " الخلية " (cell) والتى لها الخواص الآتية :

١ - تعتبر الخلية معنونة (Addressed) او مشيرة (Pointed) الى او مفهرسة (Indexed)بالقوس الذي يربط بين عقدتين.

٢- يمثل جسم الخلية بيانات اسم عقدة المنبع (From) واسم عقدة الوصول (To) كما هو مبين في شكل (١٥-١١). والتى يمكن ان تعدل لتأخذ الشكل المبين فى شكل (١٥-١٢)، حيث يتمثل في إضافة جزء ثالث هو رقم العقدة التالية، فإذا إعتبرنا أن هناك اربعة أعمدة من اليسار الي اليمين فإننا نري ان العمودين الاول والرابع يمثلان الحدود او الاقواس، بينما يمثل الثانى والثالث أرقام العقد.

(١٥-٨)خلية آداة الربط (cons) وبناء القوائم

(The cons Cell and Building Lists)

من الواضح فى التمثيل المبين فى شكل (١٥-١٢) والذى يتمثل في استخدام القوائم المتصلة (linked lists) لتمثيل المعرفة ان له كثير من الايجابيات التى من أهمها الاضافة او

arc i قوس م ➜	from node من العقدة	to node الي العقدة	next node العقدة التالية
١	٢	٣	٤

شكل(١٥-١٢)التركيب التمثيلى المعدل للأقواس بين العقد

cdr	car
خليةالذيل	خليةالراس

شكل(١٥-١٣) آداة الربط (cons)

الحذف للبيانات وبذلك يزيد او يقل حجم البيانات طبقا لسير المعالجة.

ومن أهم السلبيات لهذا التمثيل هو إعتباره تمثيلا للحواف او الاقواس ولذلك يطلق علية التمثيل المركزي الحواف(Edge - centric) وفيما يلي نورد تركيب آخر يعتمد علي العقدة والذي يسمي التركيب المركزى العقدة (Node-centric) واستخدام التفرع الشجرى الثنائى (Binary Tree) فى ذلك.من المعروف ان التفرع الشجري الثنائي لا يحمل اكثر من فرعين.

يبين شكل (١٥-١٣)آداة الربط (cons) التى تتركب من خلية للراس (car) وخلية للذيل (cdr) ويمكن للراس (car) ان تحتوي علي اي شئ مثل اسم رمزي او قيمة او مشير، بينما يحتوي الذيل (cdr) من دالة الربط(cons) علي مشير لخلية ربط آخري، وبذلك فإن في هذا التمثيل المتد يمكن للخلية الممثلة لاداة الربط (cons) ان تحتوي علي مشيرين.

تعتبر خلية الذيل محتوية علي (صفر)(Nil) اذا لم تشر الي شئ.

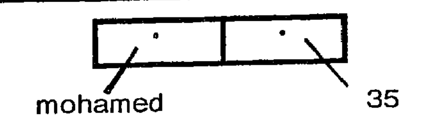
مثال : إذا أردنا ان نستخدم خلية دالة الربط في تمثيل الحقيقة التالية :

الاسم الرمزى محمد - العمر ٣٥ سنة

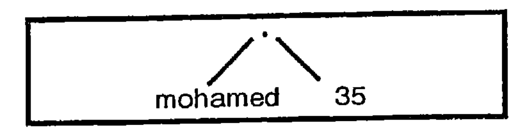
نفرض اننا سوف نقوم بإستخدام نظام العنونة المباشرة للذاكرة لتمثل خلية الربط (cons) وبذلك فإننا سوف نقوم بخزن الاسم الرمزي محمد في العنوان المكاني (٤) من الذاكرة وسوف نقوم بخزن العمر (٣٥) في العنوان المكانى(٢)من الذاكرة واننا سوف نستخدم العنوان المكاني الخامس والسادس كخلية للربط لخزن العنوان (٤) والعنوان (٢) وبذلك تظهر الذاكرة كما في شكل (١٥-١٤).ويمكن القول بان هذا التمثيل سوف تصبح بشكل افضل كما هو مبين في شكل (١٥-١٥) حيث يقوم مفسر ليسب (LISP Compiler or Interpreter) بالعناية بالعناوين والاماكن لتاخذ الخية لاداة الربط (cons) الشكل المبين .وبإستخدام التعبير النقطي للتعبير عن هذه الدالة وذلك بوضع نقطة في رأس التمثيل الشجري كما هو مبين فى الشكل (١٥-١٦).

1	2	3	4	5	6
	35		mohamed	4	2

شكل(١٥-١٤) إستخدام دالة الربط في التمثيل



شكل(١٥-١٥)الشكل النقطي لاداة الربط (cons)



شكل(١٥-١٦) التمثيل الشجرى لاداة الربط (cons)

(١٥-٩)التعبير النقطى او الثنائيات المنقطة

(LISP "Dot " or Dotted Pair Notation).

يعتبر التعبير الخطي النقطى من التعبيرات المشتركة بين الانماط المختلفة للغة ليسب. ويجري تمثيل دالة الربط (cons) من بداية الطرف الايسر للقوس ثم مفرد بيانات ـ مكان خالى- نقطة ـ مكان خال - مفرد بيانات ـ الطرف الايمن من القوس، وبذلك يمكن كتابة دالة الربط فى الشكل: (mohamed . 35)

المقابل للقائمة (mohamed . 35)

ولكي يكون التمثيل تاماً لابد ان ينتهي بالصفر وذلك لاعطاء الحاسب تنبيهاً بان القائمة قد انتهت ويتم ذلك من خلال وضع الذيل (cdr) للخلية (cons) صفراً (nil) .

مثال : لتمثيل القائمة (a (b c) d) فى شكل دالة الربط (cons) والمبين فى التمثيل الشجري شكل (١٥-١٧)حيث يتضح ان النهاية للقائمة الكبرى (d,nil) والقائمة الصغرى (c, nil). ويمكن لدالة الربط (cons) ان تحتوى علي دالة ربط أخرى (cons) وتمثيلها شجرياً، فلوضع اسم العائلة فى المثال السابق فإن ذلك يمكن تمثيله فى الشكل (١٥-١٨) والذى يتم وضعه فى التمثيل النقطى الآتى: ((Mohamed . Aly) . 3.5)

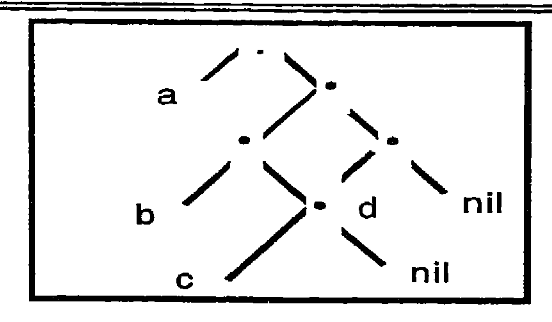
وفى شكل قائمة كالآتى: (((Mohamed Aly) 35)

وإذا اضفنا ان صفة مثل (male) للقائمة لتصبح كما هو مبين بالتمثيل الشجرى المبين فى شكل (١٥-١٩) والذى يقابل التشكيل النقطى :

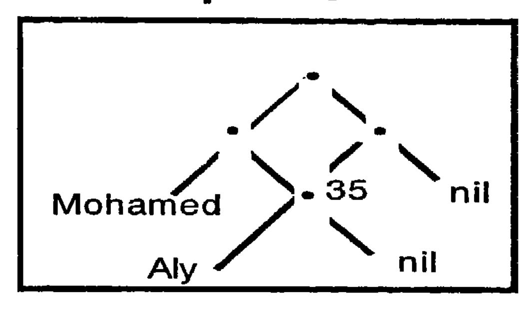
(((Mohamed . Aly) . 3.5) . male)

والذي يمكن تعديلة في التمثيل الشجرى المبين فى شكل (١٥-٢٠) والذى يقابل مايلى:

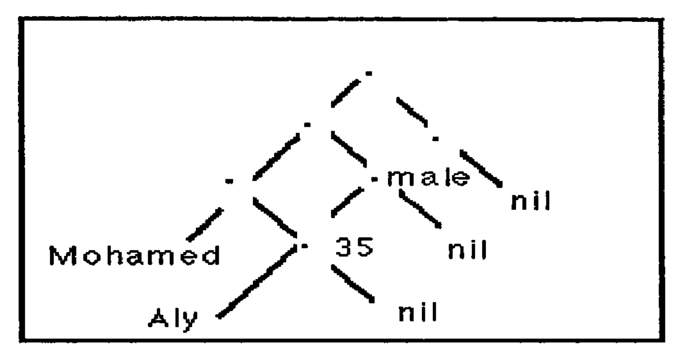
((Mohamed . Aly) . (3.5 . male))



شكل(١٥-١٧)التمثيل الشجري للقائمة (a (b c) d)

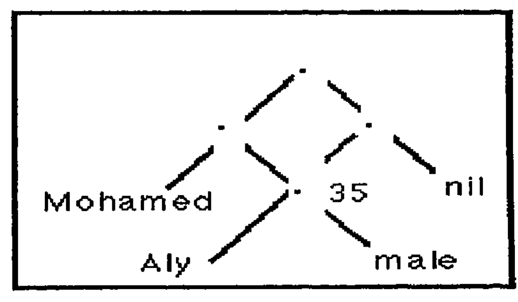


شكل(١٥-١٨)التمثيل الشجرى للقائمة (3.5 (Mohamed . Aly))



شكل(١٥-١٩)التمثيل الشجرى للقائمة

(((Mohamed . Aly) . 3.5) . male)



شكل(١٥-٢٠)التمثيل الشجري للقائمة

((Mohamed . Aly) (3.5 . male))

الجزء الرابع

الشبكات العصبية الاصطناعية والحساب العصبى

Artificial Neural Networks and Neural Computing

الفصل السادس عشر

تطور الشبكات العصبية الاصطناعية

Artificial Neural Networks Development

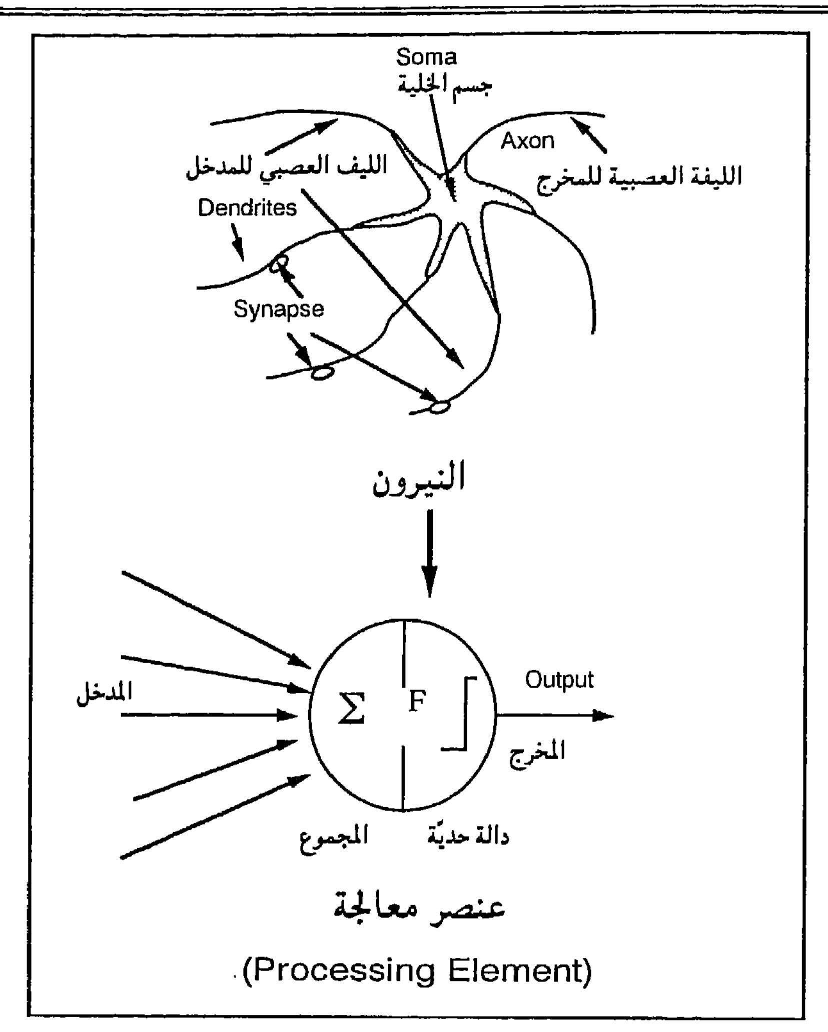
(١٦-١)الشبكات العصبية الإصطناعية (Artificial Neural Networks)

بالنظر فى شكل (١-٣) من الباب الاول والذى يبين العلاقة بين الذكاء البشرى والشبكات العصبية الإصطناعية، نرى أن دراسة طرق عمل المخ والخلايا العصبية قد أدى الى ظهور وتطور الشبكات العصبية الإصطناعية. من المعروف أن الجهاز البشرى للمعالجة يقوم أساسا على الخلايا العصبية فى المخ والتى تعتمد على الخلية العصبية النيرون (Neuron) كوحدة بنائية لها.

يبين شكل (١٦-١) تمثيل مبسط للخلية العصبية (النيرون)، حيث يتكون التركيب من جسم الخلية (Soma) والليف العصبى لمدخل الخلية (Dendrites) والذى يحمل الاشارات من المخارج لخلايا عصبية اخرى الى مداخل هذه الخلية عن طريق مشابك (Synapes) للتوصيل، ثم الليفة العصبية الوحيدة للمخرج (Axon) والتى تحمل النبضة الخارجة من الخلية الى خلايا اخرى متعددة، ومن المعروف أن جسم الخلية وماحولها يحتوى على الايونات الاتية : الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم والكلوريد، ومن المعروف كذلك أن ايونات البوتاسيوم تتركز داخل جسم الخلية، بينما تتركز ايونات الصوديوم خارجها، وعندما تحدث إثارة كهربائية (Stimulation) للغشاء الخارجى لجسم الخلية والذى غالبا مايكون انخفاضا في الجهد، فان الغشاء يقوم تبعا لذلك بالسماح لايونات الصوديوم والكالسيوم بالمرور من خلاله الى جسم الخلية حيث يؤدى ذلك الى تغير فى حالتها الداخلية لتعطى نبضة من خلال الليفة العصبية للمخرج.

يمكن عقد التماثل (Analogy) الكهربى الذى يوضح انه يمكن اعتبار الليف العصبى للمدخل والمخرج على أنها تمثل موصلات معزولة ذات معاوقة كهربية (Impedance) مختلفة القيم والتى تحمل تبعا لذلك نبضات الى جسم الخلية (Arbib 1964 ,Schwartz 1985) وتحتوى الشبكة العصبية فى الانسان على بلايين الخلايا العصبية (النيورونات) المتصلة والمتفرعة مع بعضها البعض، حيث تقوم الألياف العصبية للمداخل بإستقبال وحمل النبضات التى ترسلها المخارج، حيث يقوم على تنظيم نقلها المشابك.

لقد تم تطوير نموذج عنصر حسابى (Processing Element) مكافئ لهذا النيرون والموضح فى شكل (١٦-١) والذى يمثل عنصر المعالجة الذى يقوم بعمل محاكاة للنيرون الطبيعى من تجميع للإشارات الموزنة عند المدخل ثم مقارنة المجموع بقيمة حدية داخلية (Threshold) ، حيث يعطى عنصر المعالجة نبضة فى المخرج اذا زاد المجموع عن القيمة الحدية ولا يعطى أية نبضات اذا كانت أقل منها، ولقد تم استخدام عناصر المعالجة هذه فى بناء الشبكات العصبية الإصطناعية.



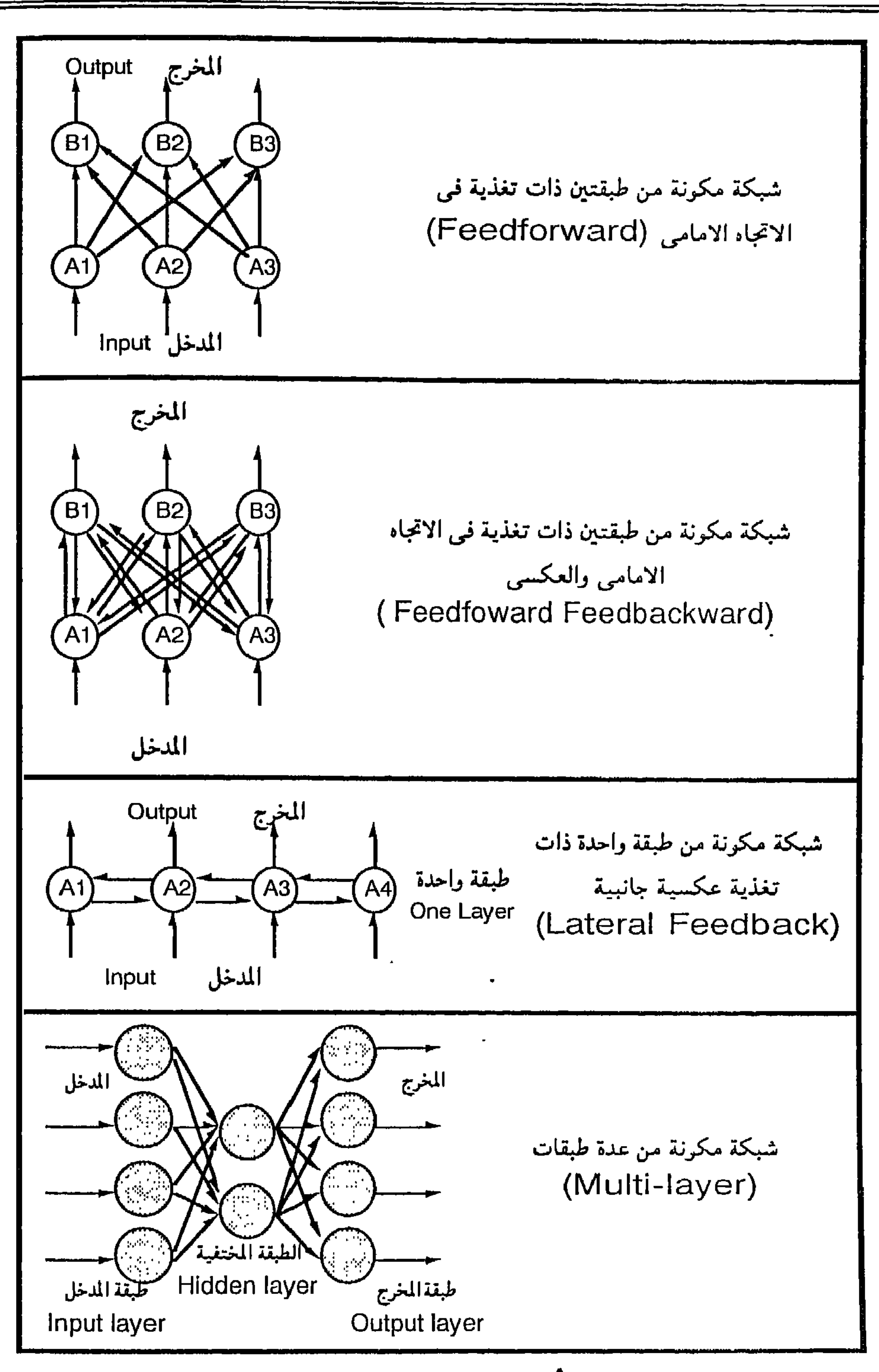
شكل(١٦-١)التمثيل المبسط للخلية العصبية والنموذج الحسابى المكافئ

فما هى الشبكات العصبية الإصطناعية ؟

يجيب على هذا السؤال كل من أربيب وجوسبرج ونلسون :

(Arbib1964,Grossberg1982-1986,Hecht-Nielson 1988) كمايلى:

" ان الشبكات العصبية الإصطناعية (Artificial Neural Networks) هى تركيبات للمعالجة المتوازية الموزعة (Parallel Didtribute Processing Structure) تعتمد أساسا على عنصر المعالجة (P.E.) القادر على العمل كذاكرة محلية (Local Memory) مع اجراء عمليات المعالجة المختلفة، والذى له مخرج واحد يتفرع الى كثير من التفرعات (Fans Out) التى تحمل نفس الاشارة الخارجة منه مع بقاء المعالجة محلية، أى انها تعتمد على القيم المدخلة



شكل(١٦-٢)بعض أمثلة للمعماريات المختلفة للشبكات

وكذلك القيم المخزونـة بالذاكرة المحلية (Local Memory) لهذه العناصر الحسابية ".

يمكن وضع تصور فلسفى آخر لتعريف الشبكات العصبية الإصطناعية وذلك بوصفها على انها رسوم بيانية موجهة (Directed Graph) ذات حـواف مـــوزّنة (Weighted Edges) قادرة على خزن الاشكال والبصمات (Patterns) وذلك بتعديل قيم الاوزان للحواف، وبذلك يمكن لهذه الشـبكات ان تتعرف على هذه البصمـات او الأشكال مرة ثانية اذا كـانت القيم المدخلة غـير كاملة (Incomplete) او غير مُعرّفة (Unknown).

تشترك معظم الشبكات العصبية الإصطناعية فيمايلى:

١- التمثيل المـــوزع (Distributed Representation)

٢ - المعالجة المحليـــة (Local Processing)

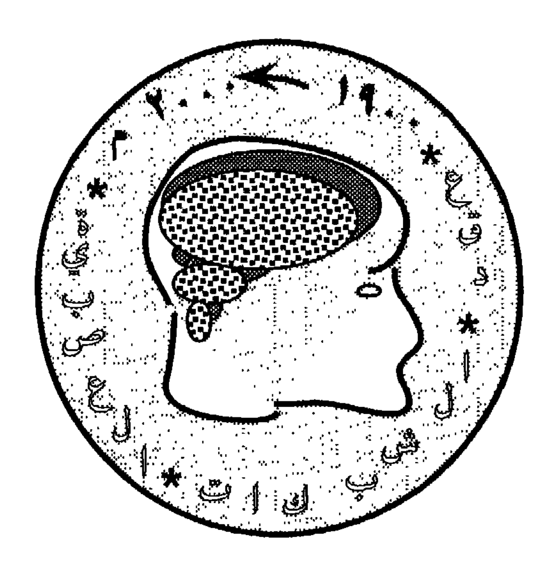
٣ - المعالجة اللاخطية (Nonlinear Processing) .

يبين شكل (١٦-٢) بعض أمثلة لمعماريات مختلفة من الشبكات مثل : شبكة مكونة من طبقتين ذات تغذية فى الاتجاه الامامى (Feedforward) وشبكة مكونة من طبقتين ذات تغذية فى الاتجاه الامامى والعكسى (Feedbackward-Feedforward) وشبكة مكونة من طبقة واحدة ذات تغذية عكسـية جانبية (Lateral Feedback) ومعمارية الشبكة المتعددة الطبقات (Multi-layer).

(١٦-٢) تطور الشبكات العصبية الإصطناعية

(Artificial Neural Networks Development)

يمكن القول أن بداية تاريخ التفكير فى الشبكات العصبية الإصطناعية قد بدأ فى القرن الماضى حيث قام فرويد (Freud) بالتعرض الفلسفى للفكرة العامة لها، ويعتبرأول تطبيق عملى للشبكات البدائيـة فى عـام ١٩١٣ حيث نفذ روسل (Russel) جهازا هيدروليكيا معتمداً على الفكرة العـامـة لهـذه الشـبكات، ويمكن اعـتـبـار فـتـرة الاربعـينات (١٩٤٠-١٩٥٠) هى البـداية الحقيـقية لتطور هذه الشـبكات حيث ساهم الكثير من العلماء والمهندسين فى تطويرها، وتعتبر التسعينات من هذا القرن هى القفزة الحقيقية في التطوير، حيث أعلن البيت الابيض الامريكى ان العقد الحالى (١٩٠٠-٢٠٠٠م) هو عقد المخ والشبكات العصبية والحساب العصبى، وذلك نظرا للزيادة الكبيرة في عدد المهتمين بها والذين حضروا مؤتمرات الجمعية الامريكية الفيزيائية (American Physical Society) اعـوام ١٩٨٥، ١٩٨٦، ١٩٨٧ والذى ارتفع عـددهم من ٦٠ شخصا الى اكثر من ٢٠٠٠ شخص فى الاعوام التالية (١٩٨٨-١٩٩٠) بعد ذلك.



العقد الحالى (١٩٠٠-٢٠٠٠ م) من هذا القرن هو عقد الشبكات العصبية الإصطناعية

وفيمايلى التسلسل الزمنى لأهم الانجازات فى تطوير الشبكات العصبية الإصطناعية.

ماك كلوش و بتس (MCCULLOCH & PITTS) ١٩٤٣:

وضع أول نموذج رياضى للنيرون او العصبون والذى أدخل فكرة الدالة الحدية (Threshold Function) والتى اعتبرت اساسا للنظم التى جاءت بعد ذلك مثل نموذج هوبفيلد (١٩٨٢) والذاكرة الترابطية ثنائية الاتجاه (Associative Bidirectional Memory) لكوسكو (Kosko) (١٩٨٨)،ومن اهم السلبيات لهذا النموذج هو عدم القدرة على التعلم.

هيب (HEEB) ١٩٤٩ :

تم تطوير نظام رياضى للتعلم للشبكات العصبية والذى يحمل اسم التعليم الهيبيانى (Hebbian learning) وتقول هذه النظرية مايلى: " تؤثر حالة النشاط السابقة (Postsynaptic activity) للمشابك (Synapes) عند اعادة تنشيطها فتزداد كفاءة التوصيل اوالشدة (Strength) لهذه المشابك اذا استقبلت نبضة جديدة ملاحقة لنبضة اخرى سابقة ". فاذا فرضنا ان جهد المشبك موجب وذلك نتيجة لنبضة سابقة ثم جاءت نبضة اخرى بفرق زمني صغير فان الموصلية (Conductance) لهذا المشبك تزداد وعلى العكس اذا كان جهد المشبك سالباً ثم جاءت نبضة اخرى بفرق زمنى صغير فان الموصلية لهذا المشبك تقل.وتعتبر نظرية التعلم هذه من الاساسيات التى أستخدمت لتطوير الشبكات بعد ذلك.

مارفن مينسكى (MARVIN MINSKY) ١٩٥١:

قام منسكى عام(١٩٥١) بالعمل على تصميم آلة قابلة للتعلم تحتوى على ٤٠ نيرون متخذا نموذج ماك كولوش اساسا لبناءها حيث يتم ضبط الموصلية للمشابك طبقا لنجاح الآلة فى تنفيذ عمل معين وذلك بتطبيق نظرية التعلم الهبياني. وفى عام(١٩٦٠) قام بدراسة النموذج المقترح من فرانك روزنبلات والمسمى عنصر الادراك العصبى (Perceptrons) وايجاد حدود التطبيق له واثبت ان المستقبل العصبى المكون من طبقتين لا يقدر على ايجاد الحلول للمشكلات التي توصف بحلول منفصلة بشكل خطى(Linearly separaple solutions) وقام باقترح الشبكات العصبية المتعددة الطبقات (Multilayer).

أوتلى (UTTLEY) ١٩٥٦:

قام باقتراح نظرية لعمل آلة تحتوى على معالجات مزودة بفاصلات خطية (Linear sep-arators) يعتمد عملها على ضبط المتغيرات المدخلة باستخدام نظرية شانون (Shannon) والتى استخدمت فى التمثيل للنظم العصبية الحقيقية.

روزنبلات (ROSENBLATT) ١٩٥٧:

قام بتطوير نموذج ماك كلوش للنيرون وذلك باضافة نظرية التعلم واطلاق اسم عنصر الادراك العصبى(Perceptron) عليه ودراسة النماذج ذات الطبقتين والثلاث طبقات المكونة من عناصر الادراك واقترح نظرية عناصر الادراك المجمعة (Perceptron convergence theorem) والتى تؤدى الى ضبط الاوزان بين المدخل والمخرج طبقاً لقيم الخطأ بين قيم الخرج المطلوب والمحسوب بالشبكة ولكنه لم يتوصل الى طريقة رياضية واضحة لتعليم الطبقة المختفية.

ودرو (WIDROW) ١٩٥٩:

قام ودرو باقتراح شبكات عصبية شبيهة بعناصر الادراك اطلق عليها اسم العناصر الخطية المتكيفة ذاتيا (Adaptive linear element or Adaline) والتى تقوم بضبط وتعديل الاوزان بين طبقة المدخل والمخرج طبقا للفرق بين المطلوب (Desired) والمحسوب (Computed) وفى عام (١٩٦٠) تم اثبات ان الفرق او الخطأ بين الخرج المطلوب والمحسوب يصل الي قيمة صغرى عند شروط معينه. ولقد تم تطبيق هذه الشبكات فى كثير من التطبيقات المختلفة مثل معالجة الاشارات المتكيفة ذاتيا (Adaptive signal processing) ونظم التحكم ونظم الهوائيات المتكيفة ذاتياً (Adaptive antenna). وفى عام (١٩٨٨) تم تطوير خوارزميات للتعلم الاختيارى المتكيف (Selective bootstrap adaptation).

شتينبوش (STEINBUCH) ١٩٦١

قام شتينبوش بتطوير نظرية التشفير (Encoding) فى الشبكات العصبية المتقاطعة القضبان (Crossbar ANS) واستنتاج مصفوفة التعلم (Learing matrix) التى استخدمت فى التعرف على الاشياء الكبيرة التشويه مثل الكتابة اليدوية واغراض التحكم فى الصناعة.

جروسبرج (GROSSBERG) ١٩٦٤

تعتبر ابحاث جروسبرج من اهم الاعمدة التى ساهمت فى تطوير نظم الشبكات العصبية الاصطناعية المتكيفة (Adaptive systems) حيث قام بإنشاء مركز للنظم الانضباطية المتكيفة بجامعة بوسطن. ولقد قام بدراسة العمليات الفسيولوجية والبيولوجية بالمخ وقام بالربط بين المخ والعقل واشتقاق نظرية لذلك.. ومحاولة تصميم شبكات عصبية قادرة على التنظيم الذاتى (Self-organizing) والاتزان الذاتى (Self-stabilizing) والقدرة الذاتية على تغير المقياس وذلك للعمل فى الزمن الحقيقى ولقد أدت ابحاثه الى تصميمات تركيبية أقل ما يمكن من التفرع للشبكات العصبية تأخذ شكل النجمة المتفرعة الى الداخل (Instar) او النجمة المتفرعة الى الخارج (Outstar) وذلك للتعلم والتعرف على البصمات واعادة صياغتها ومعالجتها (١٩٦٨-١٩٨٢) وتم اشتقاق طريقة التعلم التنافسى المتعاون (Competitive-cooperative) وكذلك نظرية الرنين الانضباطى المتكيف (ART) والرنين الانضباطى المتكيف الثنائى والتماثلى. ومن اعوام (١٩٨٣)الى(١٩٨٩) قام مركز الابحاث تحت قيادته بتطوير الكثير من الموضوعات مثل الخواص الديناميكية للشبكات والامكانية العامة للتحويل من شبكة الى اخرى وكذلك دراسة الرؤية والتحدث ووضع الخواص العامة لنظرية الرنين الانضباطى الثنائى (ART1) والتماثلىART2) . ومن أهم سمات التطوير فى هذا المعهد هو احتواء التنفيذ العملى للشبكات على التماثل للمعالجة الإنسانية.

أمارى (AMARI) ١٩٦٧

قام بدراسة الخواص الديناميكية للشبكات المتصلة عشوائيا والشبكات غير المتماثلة الاتصال.

اندرسن (ANDERSON) ١٩٦٨

منذ(١٩٦٨) الى (١٩٨٦) قام اندرسون بدراسة الشبكات العصبية التي تحتوي علي نماذج للذاكرة المترابطة (Associated memory) واستخدام الدوال الحدية الخطية والمتجهات فى ذلك. وقام باقتراح جمع البصمات المتعددة على نفس الذاكرة لتعطى الذاكرة ذات الترابط الخطى

(LAM) وكذلك قام باقتراح الشبكات العصبية التى تسمى (BSB) حالة المخ فى صندوق والتى تعتمد على استخدام التغذية العكسية الجانبية لتصحيح الاخطاء للتعلم واستبدال الدالة الحدية بدالة منتظمة الزيادة والتى تقوم بخزن المعلومات فى الزوايا لمكعبات متعددة المقياس.

فيوكيوشيما (FUKUSHIMA) ١٩٦٩

بدأ فيوكيوشيما العمل فى ابحاثه عن الشبكات العصبية فى (١٩٦٠) ببناء الشبكات العصبية المتعددة الطبقات والخاصة بالاستخدام فى الرؤية ثم طورها بعد ذلك باستحداث الشبكة العصبية المسماة المتعرف الادراكى (Cognitron) عام (١٩٧٩) ثم طورها الى المتعرف الادراكى العصبى(Neucognitron) عام(١٩٨٧) وهى شبكة عصبية متعددة الطبقات والتى يبلغ عددها تسعة طبقات حيث تقوم كل طبقة باستخلاص السمات من الطبقة التى قبلها واستخدام الطبقات المختفية اللازمة والتى نجحت فى التعرف على الارقام المكتوبة باليد والمشوهة والمدارة والمختلفة الاحجام.

كلوبف (KLOPF) ١٩٦٩

قام بوضع نظرية ونموذج للتعلم اطلق عليها اسم الطريقة التفاضلية للتعلم الهيبيانى(١٩٨٥) (Differential Hebbian learning).

كوهنن (KOHONEN) ١٩٧١

قام بالتركيز على دراسة الذاكرة الترابطية الخطية (Linear associative memory) والتى تحتاج الى متجهات خطية حرة (Independent linear vectors) حيث تقوم بخزن انسب المتجهات التى ما تكون غالباً غير خطية والتى اطلق عليها الذاكرة الترابطية الخطية المثلى (Optimal Linear associative memory). ويستخدم هذا النوع من الذاكرة فى الخزن المتوسط، كما انه يستخدم كمرشح الذى يقوم بمقارنة المتجهات المدخلة بالمتجه المخزون. ولقد قام كوهنن بتطوير طرق للتعلم التسابقي او التنافسى (Competitiv learing) والذى يسمى التعلم الكمى للتجهات (Learning vector quantization) والذى يحدد اوتوماتيكيا المتجه المناسب من عدد كبير من المتجهات، والتى تقوم كذلك بتنظيم نفسها. ولقد تم استخدام هذه الشبكات (LVQ) فى التعرف على الحديث والصور.

ليون كوبر (مجموعة نستور) COOPER (NESTOR ASSOCIATES) ١٩٧٣

اشتغل كوبر منذ السبعينات بدراسة النمذجة للشبكات العصبية ثم قام بإنشاء مجموعة نستور (١٩٨٧)لانتاج شبكات عصبية على المستوى التجارى حيث قامت باستخدام نظرية الطاقة المخفضة لكولوم (Reduced Coulom Energy) لتصميم طريقة نستور للتعلم وتم

استخدام الشبكات المطورة (RCE) فى التعرف على الحروف والتشخيص الصناعى والتعرف على الاهداف والامضاءات.

سيجنووسكى (SEJNOWSKI) ١٩٧٦

بدأ العمل فى ابحاث الشبكات العصبية باستخدام علوم الرياضيات والبيولوجيا منذ عام(١٩٧٦) وذلك بتطوير الشواهد المنطقية لنظرية التعلم، ومن اهم انجازاته اقتراح خوارزميات آلة بولتزمان (Boltzman Machine) وتطوراتها ذات الرتب العالية ثم تطبيق هذه الخوارزميات فى مشاكل الرؤية (١٩٨٦). ولقد قام سيجنووسكى باستخدام نظرية الانتشار الى الخلف (Backpropagation) فى الربط بين نص ومنطوقه والذى لاقى نجاحاً كبيراً وفى عام (١٩٨٨)استخدم نفس النظرية لتصنيف اشارات السونار والتى تم تصنيفها بجودة تفوق الجهد الانسانى المعروف فى ذلك التصنيف(١٩٨٨). واخيراً تم استخدامها فى التنبؤ بتركيب البروتينات والتى تفوقت فى ذلك.

ماكليلاند(مجموعة (PDP group)(PDP MCCLELLAND ١٩٧٧

اهتمت هذه المجموعة بدراسة الشبكات العصبية الاصطناعية لفهم طبيعة عمل المخ الانسانى وذلك من خلال نظام التفهم للكلام (Hearsay) والذى يمكن اعتباره نظام نصف متوازى وتحاورى للقراءة.وتم تطوير نظام نصف متوازى لتحليل العمليات العقلية (Mental processes) . ويعتبر النموذج التنشيطى التحاوى للتعرف على الكلمات (١٩٨٢)-(Interactive activa- tion model) اساس معمارية المعالجة المتوازية الموزعة (PDP) وتم إنشاء مجموعة المعالجة المتوازية الموزعة للابحاث وتم نشركتاب من جزئين يحتوى الجزء الاول علي نظرية المعالجة المتوازية الموزعة باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية، ويحتوى الجزء الثانى على تطبيقاتها. ومن اهم التطبيقات هو تنفيذ نموذج للتحدث.

ستون وبارتو (SUTTON & BARTO) ١٩٧٨

بدأ الابحاث فى (١٩٧٨)فى تطوير اعمال كلويف فى التعلم وتطوير نظرية التعلم الاجبارى (Reinforcement learning) (١٩٨٤)حيث تم توضيح الفرق بينه وبين التعلم باستخدام طريقة تصويب الخطأ (Error - correction) كمايلى:

فى التعلم باستخدام تصويب الخطأ(Error - correction) فان النظام يتذكر ما أمر بفعله، اما فى الحالة الثانية (Reinforcement learning) فان النظام يكتشف بطريقة ما الافعال او الشروط التى تؤدى نتائجها الى تحسين النتائج. وتم استحداث طريقة التعلم التى تعرف باسم (Associative reward - penalty) .

فيلد مان وبالارد (FELDMAN & BALLARD (CONNECTIONIST GROUP ١٩٨٠

قامت هذه المجموعة بتطوير الكثير من الشبكات العصبية للتطبيقات المختلفة، وخصوصا فى مجال تطبيقات الرؤية بالحاسب، ومعالجة اللغات الطبيعية، والشبكات الدلالية، والاستدلال المنطقى (١٩٨٦).

هيشت- نلسن (HECHT-NIELSEN) ١٩٨٢

يعتبر نلسن رائد ابحاث الحساب العصبى حيث قاد التصميم لأول حاسب عصبى حديث تحت اسم (TRW Mark III) والذى تم تسويقه فى عام(١٩٨٦)ثم قام ببناء حاسب شخصى تم تسويقه تحت اسم (ANZA) عام (١٩٨٧) ثم قام بتطوير اعمال كل من جروسبرج وكولموجورف، وفى عام (١٩٨٨) قام بتطوير خوارزميات التجمع للإنتشار المرتد Convergence of Backpropagation Algorithm ويعتبر من اوائل الاشخاص الذين ساهموا فى ادخال الشبكات العصبية الى التطبيقات اليومية.

هوبفيلد وتانك (HOPFIELD & TANK) ١٩٨٢

قام هوبفيلد بتحديد النقطة المستقرة (Stable point) للشبكات العصبية ذات القضبان المتقاطعة (Crossbar) عام ١٩٨٢ ولقد تم بناء النموذج على تعريف الطاقة المسماة طاقة ليبنوف (Lyapunov) وذلك بالاستعاضة عن القيام بوضع الحل لمجموعة من المعادلات الديناميكية اللاخطية. ويعتمد نموذج هوبفيلد على القدرة على بناء معادلة للطاقة التى يمكن ان توصّف نشاط شبكة عصبية مكونة من طبقة واحدة فى الزمن المتقطع لجميع المداخل الممكنة وبحساب الطاقة المهدرة فان النظام يستقر فى بؤرة محلية متدنية (اقل ما يمكن)(Minimum local) ويبقى ثابتا فيها.ثم قام بتطوير هذه النظرية ليتم تطبيقها فى الزمن المستمر بدلا من الزمن المتقطع، كما تم استحداث معادلة للطاقة التى توّصف مشاكل لإختيار الحل الامثل مثل مشكلة البائع المتجول (Salesman problem) ولقد تم تطوير هذه الطريقة للتعرف على البصمات والتحدث المتغير مع الزمن.

ميد (MEAD) ١٩٨٥

يعتبر ميد من اوائل الرواد في النظم الالكترونية العالية التكامل (VLSI) وذلك بمحاولة تطبيق النظم العصبية للانسان فى المجال الالكترونى، حيث قام بعمل نموذج لشبكية العين (Retina) من مادة السيلكون عام (١٩٨٨) حيث احتوت النبيطة على(٢٣٠٤)خلية حساسة ضوئيا والذى دفعة ذلك الى محاولة تقليد الجهاز العصبى الكامل عام (١٩٩٠) .

كوسكو (KOSKO) ١٩٨٥

قام كوسكو بتطوير ثلاثة محاور رئيسية فى مجال الشبكات العصبية وهى:

١ - الذاكـرة التـرابطـيـة الثنائيـة الاتجـــاه (Bidirectional Associative Memories) (BAMs) ذات القدرة على التعلم الغير موجهة والتى يمكنها الاستدعاء أو التذكر (Recall) فى الزمن الحقيقى وامكن تطويرها للوصول الى وضع ديناميكى مستقر لتتعلم وتقوم بالاستدعاء فى نفس الوقت .

٢ - خرائط فزى للتعرف (FCM) والتى تستخدم المزيج من طريقة التعلم التفاضلى لهيب وطريقة التعلم لكوسكو و كلويف.

٣ - تطبيق منطق فزى فى الشبكات العصبية وذلك لاستحداث ما يسمى بذاكرة فزى الترابطية (Fuzzy Associative Memory) عام (١٩٩٢)

هيوانج و ليبمان (HUANG & LIPPPMAN) ١٩٨٧

حيث قاما بالمقارنة بين الشبكات العصبية الاصطناعية والمصنفات التقليدية (Conventional classifiers)

فورسيث (FORSYTH) ١٩٩٠

تم وضع ومقارنة الطرق المختلفة للتعلم.

شاركى (SHARKEY) ١٩٩٢١٩٩٢

تنظيم التركيبات للشبكات العصبية الاصطناعية ونقل المعارف.

روس ج ماكسويل (Ross J.Maxwell) ١٩٩٣

تم التفرقة بين عينات الانسجة الحية السليمة والمريضة التى تحتوى على أورام، وذلك بتحليل البيانات المأخوذة من جهاز الرنين النووى المغناطيسى وذلك بإدخالها على شبكات عصبية مدربة على تصنيف الأنسجة طبقا لحالتها الصحية .

ارنجتون (ERRINGTON) ١٩٩٣

التعرف والتفرقة الأوتوماتيكية بين الانواع المختلفة للكروموزومات .

تامبوراتز (TAMBOURATZIS) ١٩٩٣

تطوير استخدام نظرية هارمونى(Harmony Theory) فى تخليق الشبكات العصبية القادرة على اجراء التماثل للمناظر المرئية (Scene Avalysis) .

إمانويل (EMMANUEL) ١٩٩٣

المراقبة المستمرة لنبضات دقات القلب بعد الإجهاد والتعرف على التشخيص للضربات القاتلة..

هينز (HINES) ١٩٩٣

بناء أنف الكترونية معتمدة على الشبكات العصبية الاصطناعية والمجسات المختلفة (Sensors) للتعرف على والتفرقة بين الروائح المختلفة والأبخرة للمواد التى تدخل فى كثير من الصناعات.

هاجن (HAGEN) ١٩٩٣

التعرف على الأخطاء التى يمكن أن تحدث فى الانظمة المختلفة للتحكم الاوتوماتيكى.

ريفنز (REFENS) ١٩٩٣

تستطيع الشبكات العصبية والتى يمكن تغذيتها يوميا بالتغيير فى معدلات اسعار العملات أن تتنبأ على معدلات هذا التغيير فى المستقبل وذلك بناءا" على التغييرات السابقة كما يجرى إستخدامها فى التعرف والتنبؤ بالدورات الإقتصادية واتجاه هذة الإقتصاديات على المستوى العالمى.

رينيه بيوالد (RENE BIEWALD) ١٩٩٣

تم تطوير انظمة ملاحية باستخدام هذه الشبكات يمكنها تفادى العقبات أثناء الملاحة فى الاماكن الضيقة، وذلك من خلال انسان آلى تمثل الشبكة العصبية التى تعلمت من قبل العمود الفقرى لهذا النظام .

آخرون ١٩٩٤-١٩٩٦

يعتبر التعرف من أهم التطبيقات للشبكات العصبية الإصطناعية حيث يمكن تدريب وتعليم هذه الشبكات على التعرف على أشكال معينة للشبكة أن تتعرف عليها بعد ذلك أوتوماتيكيا حتى فى وجود شوشرة وعدم وضوح مثال ذلك:

التعرف على البصمات وملامح الوجة فى المجال الأمنى وتحليل الصور الجوية المأخوذة بالاقمار الصناعية وتصنيف البيانات الزراعية من شكل الاوراق والتعرف على الكتابة اليدوية والامضاءات فى اعمال الشيكات والبنوك والقراءة والترجمة الاوتوماتيكية والتعرف على الصور الناتجة من التفاعلات النووية عالية الطاقة (High Energy Physic) و التعرف على الاشخاص بالصور السينمائية والتليفزيونية المتكررة من خلال تعليم الشبكات على جزء من ملامح الشخص فقط (العين مثلا).

(١٦-٣)السمات العامة للنيرون (General Features of Neuron)

يعتبر المخ الانسانى من أعقد الموضوعات التى لم يتم كشف أدق أسرارها ودراستها بالتفصيل الى الآن وذلك بالرغم من معرفة الكثيرمن التركيب والصفات، ويحتوى المخ على:

١- عشرة بليون (10^{10}) وحدة خلية عصبية تسمى النيرون (Neuron).

٢- يتصل كل نيرون بما يقرب من عشرة آلآف آخرين .

٣- يعتبر النيرون الوحدة الاساسية للمخ وحدة معالجة تماثلية منطقية مستقلة (Stand Alone Logical Processing Unite).

٤- تتصل كل خلية عصبية بكثير من الالياف العصبية التى تمثل المداخل المتعددة للخلية (Many Inputs) وليفة عصبية واحدة عند المخرج (One Output).

٥ - يظل النيرون خاملا (Inactive) أى لا توجد نبضة عند المخرج اذا كان مجموع النبضات اللحظى عند المدخل لا تصل الى مستوى حدى معين (Thershold) لاثارته ويعطى النيرون نبضة عند المخرج ويصبح نشطاً(Active) اذا زاد المجموع عند المدخل عن المستوى الحدى المعين.

(١٦-٣-١)التركيب المبسط للوحدة العصبية النيرون (Simple Structure of Neuron)

يبين شكل (١٦-٣) التركيب المبسط للوحدة العصبية النيرون والتى تتكون من الآتى:

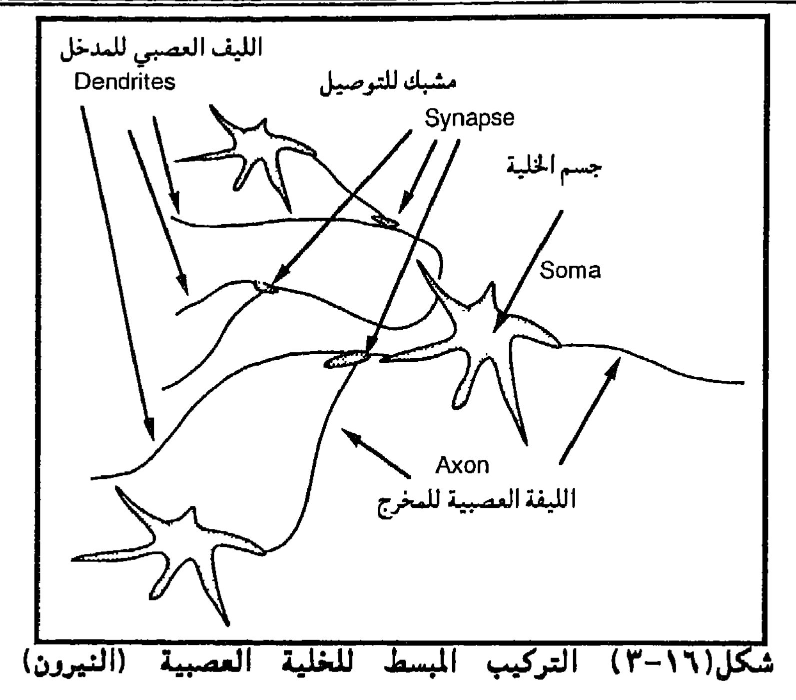
١- جسم خلية النيرون والمعروف باسم السوما (Soma).

٢- الالياف العصبية المتصلة بجسم النيرون عند المدخل والتى تعرف بالالياف العصبية للمدخل او الغصينات (Dendrites) وهى خاملة من الناحية الكهربية.

٣- يقوم جسم الخلية بعمل عملية كيمائية معقدة يمكن اعتبارها من الناحية الكهربية المجموع الكلى لقيم النبضات عند المدخل .

٤- يتصل بجسم الخلية ليفة عصبية واحدة عند المخرج تعرف بالليفة العصبية للمخرج (Axon) والنشطة كهربائياً والتى تعتبر لاخطية التصرف والتى تعطى نبضة كهربائية ذات مدى زمنى يبلغ واحد ملى ثانية تعرف بنبضة جهد العمل (Action Potential) وذلك اذا ارتفع الجهد الداخلى لجسم النيرون عن قيمة الجهد الحدى المعين وذلك نتيجة لعملية الجمع اللحظى للنبضات الآتية من الالياف العصبية المتصلة بالمدخل كما هو مبين فى شكل (١٦-٤).

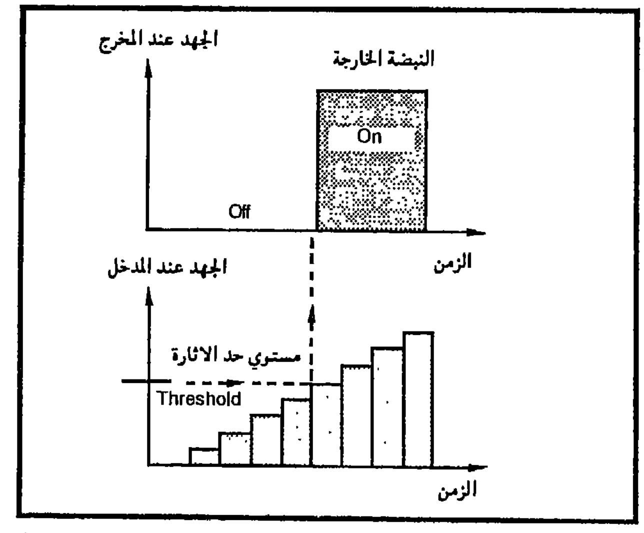
٥- تنتهى الليفة العصبية للمخرج بمشبك للتوصيل (Synapse) والذى يربط بين الليفة العصبية للمخرج مع الليفة العصبية للمدخل لنيرون آخر باستخدام الترابط الكميائى



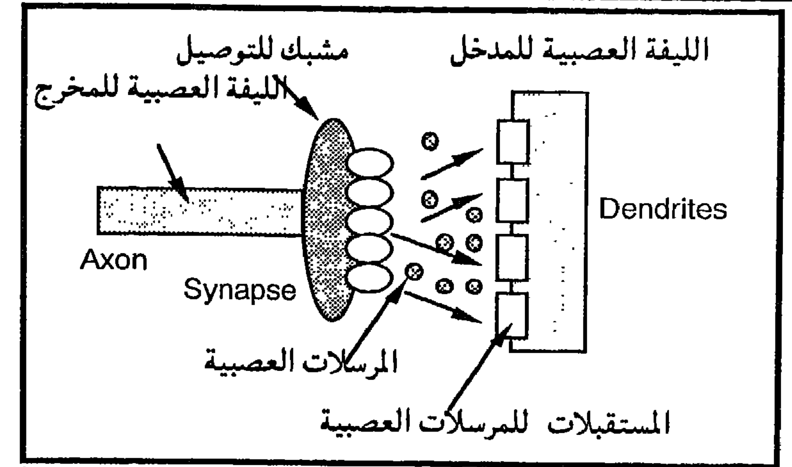
شكل(١٦-٣) التركيب المبسط للخلية العصبية (النيرون)

(Chemical Coupling) حيث يقوم المشبك بإطلاق مواد كيمائية تسمى المرسلات العصبية (Neurotransmitter) وذلك عندما يرتفع جهده نتيجة للنبضة العصبية الخارجة من الليفة العصبية للخرج.

٦- ويقوم المشبك باطلاق المرسلات العصبية التى تنتشر كيمائياً من خلال الفجوة بينه وبين الليفة العصبية لمدخل نيرون آخر حيث تقوم بتغيير الجهد لها وتنشيطها ليصبح هذا الجهد



شكل(١٦-٤)الجهد عند المخرج كدالة فى الجهدعند المدخل



شكل(١٦-٥) تمثيل مبسط للفجوة بين مشبك التوصيل حيث تنطلق منه المرسلات الى المستقبلات على الليفة العصبية لمدخل نيرون آخر

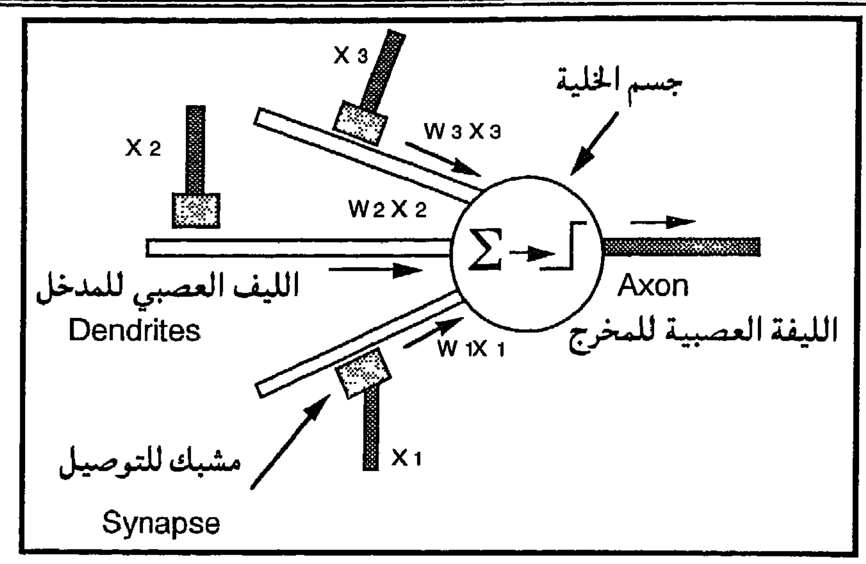
احد المداخل للنيرون الاخير.

٧- ويبين شكل (١٦-٤) الجهد عند المدخل كدالة فى الزمن ومن الواضح ان تجمع النبضات لايؤثر على جهد المخرج الا اذا اصبحت قيمته اكبر من مستوى حد الاثارة فتنطلق النبضة ويرتفع جهد المخرج وبذلك يمكن القول بأن الخلية العصبية تتبع النظام الثنائى حيث تتغير حالتها بين حالة الصفر (Off state) والواحد (On state).

(١٦-٣-٢) ميكانيكية التعلم فى النظم البيولوجية

(Learning Mechanism in Biological Systems)

يبين شكل (١٦-٥) تكبير لفجوة الاتصال بين المشبك (Synape) والليفة العصبية (Dendrite) لمدخل خلية اخرى والذى يوضح ان المشبك يقوم باطلاق المرسلات العصبية (Neurotransmitters) الى المستقبلات المنتشرة (Receptors) على الليفة العصبية الاخرى والتى تعمل كبوابات (Gates) وبذلك يتحدد الارتباط بعدد البوبات المستقبلة النشطة ويمكن القول بان قيمة الارتباط المؤثر (Effective Coupling) لكل مشبك تختلف من فجوة الى اخرى وان عملية ضبط القيم المختلفة التى تعطى الاتصال المطلوب هى بمثابة تحديد الاوزان رياضيا(Weight Adjustement). وبذلك يمكن اعتبار النيرون كعنصر معالجة مستقل (Processing Element) وان هذه المعالجات المستقلة تعمل على التوازى وان عملية التعليم ماهى الا ضبط لقيم الاوزان عند المداخل لهذه المعالجات والذى يتم على عدة دورات تعرف بدورات التعلم الى ان يتم الضبط النهائى المطلوب.



شكل (١٦-٦) النمذجة الرياضية لطريقة عمل الخلية العصبية

(١٦-٣-٤) نموذج "ماك كلوش وبتس" الرياضى

(McCulloch & Pitts Mathematical Model)

لوضع نموذج رياضى لطريقة عمل الخلية العصبية لابد من اتخاذ الاعتبارات الآتية:

١ - ان يكون قيمة الخرج من النيرون اما الصفر (Off) او الواحد (On).

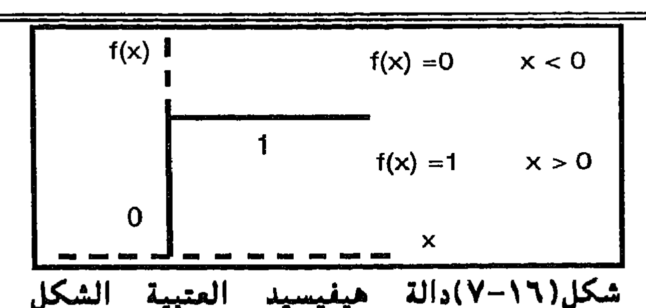
٢ - ان يتكون الدخل من عدد من المداخل بحيث يعتمد الخرج على القيم لهذه المداخل وتكون القيمة للخرج (واحد) اذا زاد المجموع الموزن (Weighted Sum) لهذه المداخل عن قيمة حدية (Threshold Value) لجهد الاثارة ويظل الخرج (صفراً)اذا لم يصل المجموع الموزن الى القيمة الحدية المناسبة، ويبين شكل (١٦-٦) النموذج الممثل للنيرون والذى يتكون من:

١- المدخل (Input) :نفرض أن قيم مخارج النيرونات السابقة للنيرون الحالى هى القيم $(x_1, x_2, \dots, x_n)$حيث تقوم المشابك بنقل نسبة من هذه القيم الى الليف العصبى للمدخل من خلال الفجوات بحيث تختلف هذه النسب من فجوة الى اخرى اعتمادا على طبيعة كل فجوة ،ويمثيل ذلك رياضياً بفرض انها اوزان (Weights) والتى تاخذ الشكل $(w_1, \dots, w_n)$ وبذلك يكون الجزء المنقول الي المدخل فى كل فرع هو (wx).

٢- جسم الخلية (عنصر المعالجة) (Processing Element) :يقوم جسم الخلية بعمل الآتى:

(أ)عملية جمع للمداخل الموزنة(Weighted Sum) لتاخذ الشكل :

$$\text{Total input} = w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + \dots \dots = \sum_{i=1}^{i=n} w_i x_i$$



شكل(١٦-٧)دالة هيفيسيد العتبية الشكل

Step Function(Heaviside Function)

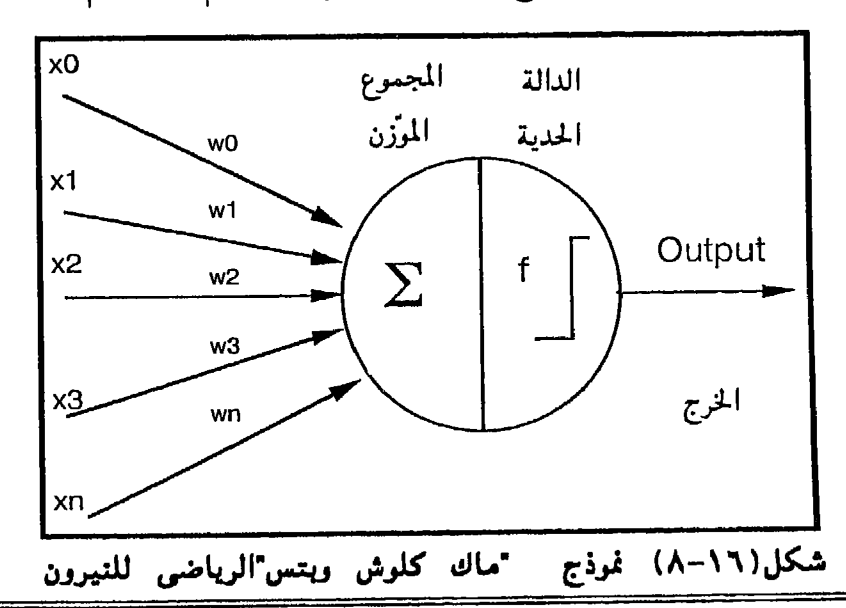
(ب) مقارنة هذا المجموع بقيمة حدية لدالة فى شكل عتبة (Step Function) والمعروفة بدالة (Heaviside) والمبينة فى شكل (١٦-٧) ، فاذا كان المجموع للمداخل الموزنة اكبر من او تساوى الدالة العتبية فان الخرج سوفيكون(١)واذا كان المجموع اقل من قيمة الدالة العتبية فان ناتج الخرج يصبح (صفرا).

٣ - المخرج (Output):يكون الخرج للنموذج الرياضى ام الواحد او الصفر و يمكن ان يستخدم كأحد فروع الادخال لنيرون آخر، ويمكن كتابة قيمة الخرج (y) فى الشكل الآتى.

$$y = f\left(\sum_{i=1}^{i=n} w_i x_i\right)$$

(١٦-٣-٥) النموذج ذو القيمة المنحازة (Biased Model)

ولوضع قيمة انحيازية (θ) لنموذج النيرون بحيث تمثل القيمة (W_0X_0) شكل(١٦-٨) والتى تجعل النيرون دائما نشطاً (الخرج يساوى واحدا فى حالة عدم وجود قيم للمداخل الموزنة)



شكل(١٦-٨) نموذج "ماك كلوش وبتس"الرياضى للنيرون

وبذلك فان هذه القيمة لابد ان تطرح من المجموع الموزن للمدخل ويقارن الباقى فاذا كان موجبا فان قيمة الخرج تكون واحداً واذا كان الباقى سالباً فان الخرج يكون صفراً وتصبح النتيجة كمايلى:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^{i=n} w_i x_i - \theta\right)$$

حيث يمكن تغيير المجموع ليبدأ من (i=o) كمايلى:

$$y = f\left(\sum_{i=0}^{i=n} w_i x_i\right)$$

يبين شكل (١٦-١٠) النموذج الرياضى ذو القيمة الانحيازية ،و يمكن القول بان هذه النماذج تتسم بالخصائص الآتية:

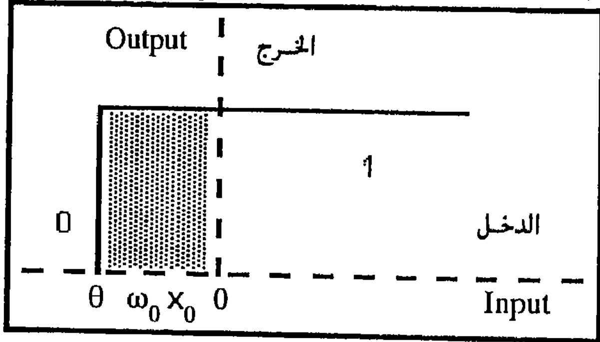
١ - يمثل النموذج وحدة معالجة بسيطة (Simple Processing Unit).

٢ - باستخدام المجموع الموزن للمداخل ومقارنة هذا المجموع بقيمة حدية يمكن الحصول على الخرج فى صورة الواحد اذا كان المجموع اكبر من القيمة الحدية ،والصفر اذا كان المجموع أقل منها.

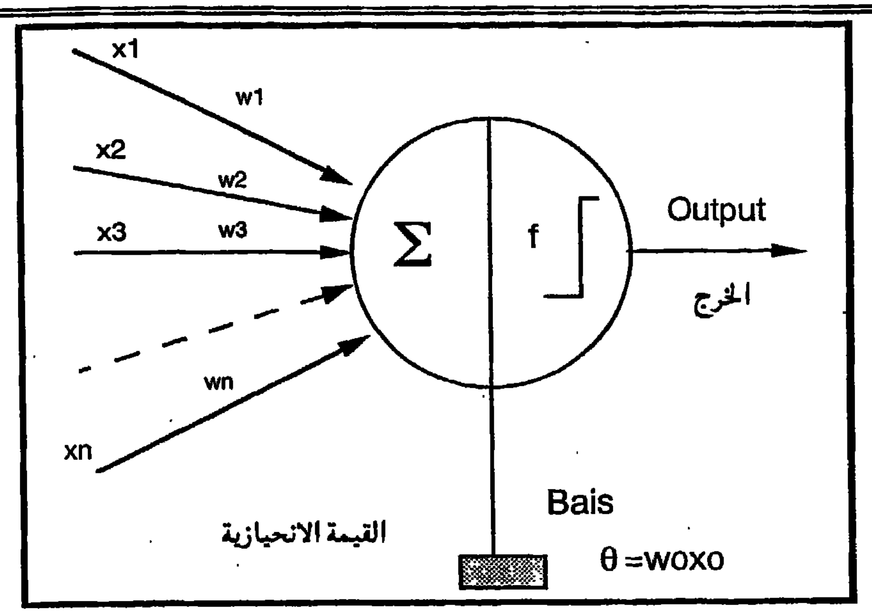
٣- فى حالة استخدام قيمة انحيازية (θ) والتى تجعل النموذج نشطا اى ان قيمة الخرج تساوى الواحد فانة يجرى طرح هذه القيمة (θ) من المجموع الموزن فاذا كان الناتج اكبر من الصفر او موجبا فان الخرج يعطى واحداً واذا كان الناتج اقل من القيمة الانحيازية او سالباً فان الخرج يكون صفراً .

٤ - يعتبر هذا النموذج والذى تم اتخاذه اساسا لبناء الشبكات العصبية الاصطناعية نموذجا حسابيا فقط وليس نسخة مما يحدث فى المخ الانسانى.

٥ - تعتبر اكبر المميزات لهذا النموذج الحسابى هو سهولة تنفيذه علي الحاسبات، ولقد تم اطلاق اسم عنصر الادراك(Perceptrons) على هذا النموذج من قبل العالم فرانك روزننبلات.



شكل(١٦-٩) العلاقة بين المدخل والمخرج في وجود القيمة الانحيازية



شكل (١٦-١٠)النموذج الحسابى لعنصر الادراك (Perceptron)

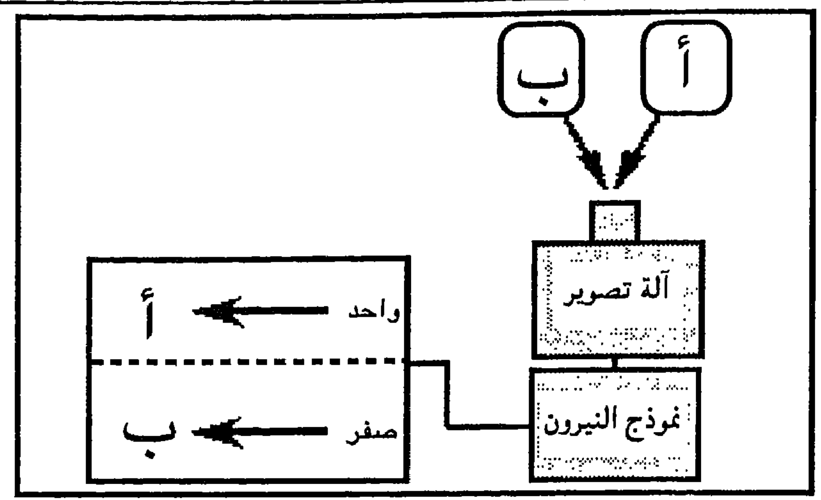
(١٦-٤)ميكانيكية التعلم فى النيرونات البسيطة

(Learning Mechanism in Simple neurons)

تعتبر عملية التعلم للشبكات العصبية هى الاساس فى تحويل هذه الشبكات لأداء عمليات التعرف المختلفة والتى تتم بإستخدام اسلوب التعليم او التدريب (Training) للشبكة والتى تماثل عملية التعليم والتدريب التى تجرى للاطفال لكى يتمكنوا من التعرف على الأشياء.

فإذا فرضنا ان هناك شبكة عصبية وهذه الشبكة العصبية متصلة بآلة تصوير، وسوف يتم تعريض مجموعتين من الالواح المكتوب عليها حرف من الحروف، وان هذه الحروف عبارة عن مجموعتان تمثل المجموعة الاولى الحرف(أ) وتمثل المجموعة الثانية الحرف((ب) ويراد تدريب الشبكة لكى تتعرف على هذه المجموعات وذلك بان تقوم الشبكة باعطاء خرج يساوى واحد اذا وضع الحرف(أ) امام آلة التصوير وتعطى صفراً اذا كانت الصورة للحرف (ب) وذلك كما هو موضح فى شكل (١٦-١١).

وبدراسة النموذج الحسابى للنيرون نجد انه من المناسب ان نجعل النيرون يتعلم من اخطاءه وذلك باعطاءه فى البداية اوزان عشوائية عند المدخل حيث يقوم النيرون بإجراء عملية الجمع الموّزن للمداخل ثم مقارنة المجموع بالقيمة الحدية، فاذا كان المجموع اكبر من القيمة الحدية فإن الخرج سوف يكون الواحد الصحيح ويصبح التعرف على الحرف (أ) ممكننا واذا كان المجموع اقل من القيمة الحدية فان الخرج يكون صفراً ولايتم التعرف.



شكل(١٦-١١)- تمثيل لكيفية تدريب الشبكة العصبية

من المعروف احصائيا ان الفرصة سوف تكون ٥٠٪ : ٥٠٪ فى عملية التعرف الاولى فإذا فرضنا ان المجموع الموزن اقل من القيمة الحدية وبذلك لا يعطي الخرج الواحد ويكون المطلوب من تعليم النموذج مرة ثانية وذلك بمحاولة زيادة الاوزان لكى يصبح المجموع الموزن اكبر من القيمة الحدية ويكون الخرج واحدا.وتكرر العملية عدة مرات اخرى فى اتجاه زيادة المجموع الموزن الى ان يتم الحصول على الواحد فى المخرج.

وعلى العكس عند محاولة التعرف على الحرف (ب) والتى تتطلب ان يكون المجموع الموزن عند المدخل اقل من القيمة الحدية وبذلك نحصل على الصفر عند المخرج والذى يمثل التعرف على الحرف (ب) ،فإذا كان المجموع اكبر من القيمة الحدية فانه يلزم التدريب مرة ثانية فى اتجاه تقليل الاوزان ويتم التدريب عدة مرات فى هذا الاتجاه الى ان نحصل على الصفر عند المخرج والذي يعتبر التعرف الصحيح على الحرف (ب).

وهذا يعنى اننا اذا اردنا ان نعلم احدى الشبكات العصبية التعرف فإننا نتبع الآتى:

١ - زيادة الأوزان فى المداخل النشطة (Active inputs) والتى تتطلب ان يكون الخرج نشطاً ايضاً(الخرج يساوى(١))ويجرى تنفيذ ذلك بإضافة قيم المداخل الى الاوزان.

٢ - تقليل الاوزان فى المداخل الغير نشطة (Inactive inputs) والتى تتطلب ان يكون الخرج غير نشطاً، ايضاً(صفر فى المخرج) ويتم ذلك بطرح قيم المداخل من الأوزان.

وتعتبر مراحل التعلم للشبكة هو تنفيذ الخطوة (١) فقط حيث ان الخطوة الثانية لاتؤثر على النتيجة، ويعتبر دونالد هيب اول من وضع نظرية التعلم وذلك بتطوير نظام رياضى للتعلم للشبكات العصبية والذى يسمى التعليم الهيبيانى(Hebbian learning) وتقول هذه النظرية

مايلى:

"تؤثر حالة النشاط السابقة (Postsynaptic activity) للمشابك (Synapes) عند اعادة تنشيطها فتزداد كفاءة التوصيل او الشدة (Strength) لهذه المشابك اذا استقبلت نبضة جديدة ملاحقة لنبضة اخرى سابقة".

فاذا فرضنا ان جهد المشبك موجب وذلك نتيجة لنبضة سابقة ثم جاءت نبضة اخرى بفرق زمنى صغير فان الموصلية (Conductance) لهذا المشبك تزداد، وعلى العكس اذا كان جهد المشبك سالباً ثم جاءت نبضة اخرى بفرق زمنى صغير فان الموصلية لهذا المشبك تقل، وتعتبر نظرية التعلم هذه من الاساسيات التى استخدمت لتطوير الشبكات بعد ذلك. ويمكن تلخيص عملية التعليم للشبكة كمايلى:

١ - الإختيار العشوائى(Random Selection) للاوزان (Weights) والقيم الحدية (Thershold).

٢ - ضع قيم للمداخل (Present inputs).

٣ - إحسب الخرج الحقيقى (Actual) وذلك بطرح القيمة الحدية (Thershold) من المجموع الموّزن للمداخل (Weighted sum) .

٤ - يتم تغيير الاوزان مرة اخرى فى اتجاه التعرف (Correct Decisions) (اى الحصول على الواحد)وأضعاف الاتجاة الاخر (Incorrect Decisions) اى العمل على تقليل الخطأ (Error Reduction).

٥ - وضع قيم اخرى للمداخل وتكرار الخطوات السابقة.

(١٦-٤-١) خوارزم التعليم لعنصر الادراك (Perceptron Learning Algorithm)

توضح الخطوات التالية خوارزم التعليم الذى يمكن تشفيرها باى لغة من لغات البرمجة المناسبة للحصول على برنامج للتعليم :

أ - الخطوة الاولى:

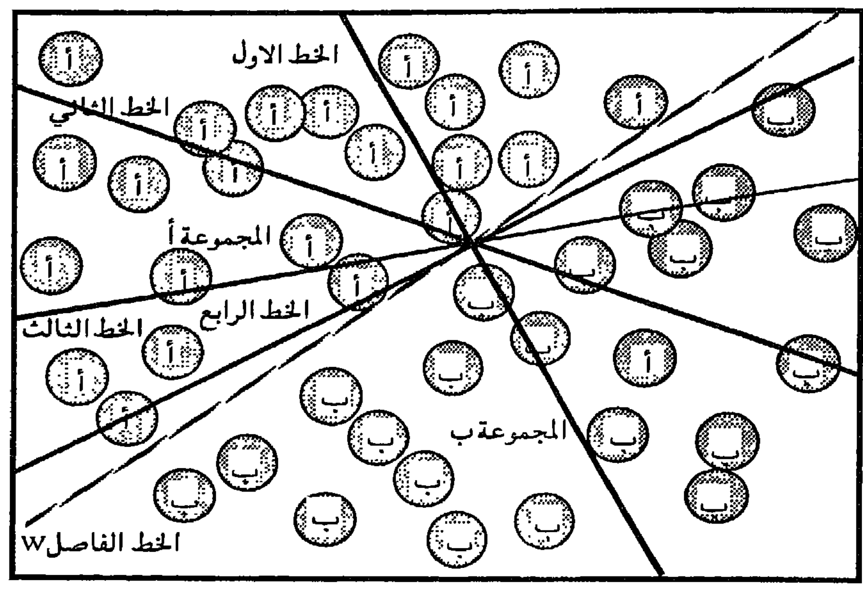
١ - إبدأ عملية التحديد للاوزان والقيم الحدية (Initialise weights and thershold) شكل (١٦-١٠) كمايلى:

نفرض ان عدد المداخل (n) ولتكن($x_1, x_2, x_3, x_i, \ldots\ldots, x\ n$)

٢ - يتم اختيار قيمة ١ = (x0) دائماً،وقيمة الوزن θ - = $-\theta$ (w0)

حيث θ = القيمة الانحيازية (Bias)

٣ - يتم الاختيار والتحديد العشوائى لقيم الاوزان عند المداخل عند زمن معين (t) كمايلى:



(١٦-١٢)-تمثيل عملية التعلم فى شكل متجه للمجموع الموزن

$w_1(t), w_2(t), w_3(t), \ldots, w_i(t), \ldots w_n(t)$

٤- يتم الاختيار والتحديد العشوائى للقيمة الحدية.

ب - الخطوة الثانية : حدد قيم المداخل $(x_1(t), x_2(t), x_3(t), \quad x_i(t), \ldots x_n(t)$

وكذلك قيمة الخرج المطلوب او المرغوب $d(t) =$ (Desired)

جـ - الخطوة الثالثة : احسب الخرج الحقيقى كمايلى:

$$y(t) = f\left(\sum_{i=0}^{i=n} w_i(t) x_i(t)\right)$$

د - الخطوة الرابعة :

اجراء الضبط للاوزان (Adapt weights) وذلك كمايلى:

١- الحالة المنضبطة : $w_i(t+1) = w_i(t)$

٢- اذا كان الخرج صفرا ويجب ان يكون واحدا وذلك للتعرف على مجموعة الحروف (أ) فيجب الوصول الى الشرط الآتى:

$$w_i(t+1) = w_i(t) + x_i(t)$$

٣ - اذا كان الخرج واحدا ويجب ان يكون صفرا وذلك للتعرف على مجموعة الحروف (ب) فيجب الوصول الى الشرط الآتى:

$$w_i(t+1) = w_i(t) - x_i((t)$$

ولقد تم تطوير هذا الخوارزم بعد ذلك كمايلى:

١ - اجراء التعديل الأول فى عملية ضبط الاوزان وذلك فى الخطوة الرابعة المعدلة أولا كمايلى:

***د - الخطوة الرابعة المعدلة أولا:**

اجراء الضبط المعدل للاوزان (Adapt weights-modified version)وذلك كمايلى:

١ - الحالة المنضبطة $w_i(t+1) = w_i(t)$

٢ - اذا كان الخرج صفرا ويجب ان يكون واحدا وذلك للتعرف علي مجموعة الحروف (أ)فيجب الوصول الى الشرط الآتى:

$$w_i(t+1) = w_i(t) + \eta x_i((t)$$

٣ - اذا كان الخرج واحدا ويجب ان يكون صفرا وذلك للتعرف على مجموعة الحروف (ب) فيجب الوصول الى الشرط الآتى:

$$w_i(t+1) = w_i(t) - \eta x_i((t)$$

حيث يكون الحد (η) موجبا وينحصر بين الصفر والواحد الصحيح والذى يجرى استخدامه للتحكم فى معدل الانضباط.

٢ - ولقد قام (Widrow & Hoff) بتعديل الخوارزم السابق وذلك بهدف ان يكون الانضباط فى تعديل الاوزان بقدر كبير اذا كان الفرق بين الخرج المطلوب والحقيقى كبيرا ويكون صغيرا اذا كان الفرق صغيرا وذلك بإقتراح دالة دلتا للخطأ واقتراح قاعدة التعلم (Widrow - Hoff delta rule) كمايلى:

يعرف الفرق بين المجموع الموزّن (Weighted sum) والخرج المطلوب (Desired output) على انه دالة الخطأ كمايلى:

$$\Delta = d(t) - y(t)$$

وبذلك تكونΔ =+١ واحداً صحيحاً اذا كان الخرج المطلوب واحداً وكان المجموع الموزن يساوى الصفر، وتصبح القيمة Δ =-١ اذا كان الخرج المطلوب صفراً والمجموع الموّزن يساوى الوحدة، وتصبح Δ = الصفر فى حالة التساوى او التعرف الكامل ويصبح اجراء التعديل فى عملية ضبط الاوزان وذلك فى الخطة الرابعة المعدلة ثانيا كمايلى.

**** د- الخطوة الرابعة المعدلة ثانيا:**

اجراء الضبط المعدل للاوزان (Adapt weights Widrow - Hoff delta rule) وذلك كمايلى:

١- الحالة المنضبطة

$$\Delta = d(t) - y(t) = 0$$

$$wi(t+1) = wi(t) + \eta \Delta xi((t)$$

وفى حالة التعرف على الحروف (أ)

$$d(t)=+1$$

وفى حالة التعرف على الحروف (ب)

$$d(t)=0$$

ولقـد اطلق (Widrow) علـى هذا النوع من الخـوارزم النيـرون الخطى الإنضـبـاطى ADALINE (Adaptive linear neurons).

(١٦-٤-٢) التمثيل المتجهى لميكانيكية التعليم

(Vectorial Analogy for Learning Mechanism)

يمكن استخدام التمثيل بالمتجهات فى تفهم ميكانيكية التعليم لعنصر الادراك البسيط وذلك كمايلى : نفرض انه يمكن تمثيل المدخلات للنيرون فى شكل متجه:

$$X = (x_0, x_1, x_2, \ldots, x_n)$$

وانه يمكن كتابة الاوزان فى شكل متجه اخر:

$$W = (w_0, w_1, w_2, w_3, \ldots, w_n)$$

وبذلك يمكن الحصول على المجموع الموزن فى شكل حاصل الضرب النقطى لمتجهين (Dot Product) كمايلى :

$$\text{Dot Product} = \sum_{i=0}^{n} W_i X_i = W \cdot X$$

ومما سبق يتضح ان خوارزميات التعلم تؤكد ان عملية ضبط الاوزان تجري في اتجاه تقليل الخطأ في كل مـرة عن المرة السـابقـة، ويمكن تمثـيل عـمليـة التـعلم هذه كـمـا فى شكل (١٦-١٠)والذى يمثل مجموعة الحروف (أ) ومجموعة الحروف (ب) وذلك بإستخدام الابعاد الثنائية فى الرسم حيث يكون المطلوب هو الخط الذى يفصل بين البصمتين .

وللحصول علي هذا الخط فانه يجري خطوات التنفيذ لخوارزم التعلم والمبينة سابقاً حيث يمثل الخط الاول فى المحاولة الاولى الخطوة الاولى من خطوات الخوارزم حيث يمثل الخط متجه المجموع الموزن والذى تم اختياره عشوائياً فى البداية ثم تجرى المحاولة الثانية حيث يتم تقليل الخطأ ثم المحاولة الثالثة والرابعة وفى كل مرة يكون الخطأ اقل من الحالة السابقة الى ان نصل الى المحاولة الخامسة والتى تمثل متجه المجموع الموُزن الذي يفصل بين بصمة المجموعة الاولى وبصمة المجموعة الثانية. ومعنى ذلك ان النموذج قد تعلم ان يفرق بين هذه البصمات اذا تم خزن المجموع الموزن الاخير.

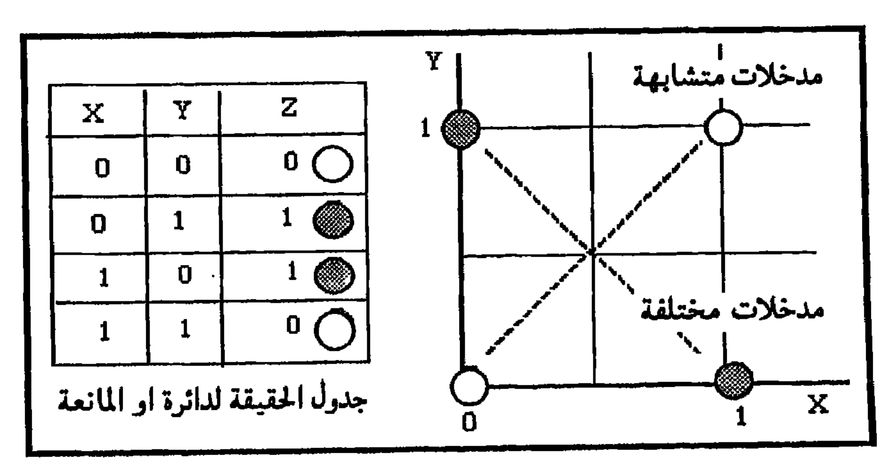
(١٦-٤-٣) حدود التطبيق لنموذج عنصر الادراك المفرد
(Limitations of Perceptron Applications)

من الواضح ان النموذج الحسابى لعنصر الادراك المبين سابقا يمكنه الفصل بين مجموعتين منفصلتين فعلا وذلك بوجود حل يفصل بينهما فى شكل خط مستقيم ويفشل النموذج فى وضع الحل اذا كانت المجموعتين غير منفصلتين بخط مستقيم وذلك واضح في المثال التالى :

نفرض حالة الدائرة المنطقية (أو- المانعة) (XOR) والتى تشتمل على مدخلين (X),(Y) والمخرج (Z) والتى تعطى واحدا عند المخرج (Z=1) فى حالة ان يكون المدخلين مختلفين(0 or 1) ، وتعطي صفرا (Z=0) اذا كان المدخلين متشابهين كما هو واضح فى الجدول فى شكل (١٦-١٣).

وعند تمثيل هذه الدائرة باستخدام الاحداثيات الثنائية (X,Y) ورسم قيم الخرج (Z) على نفس الرسم فإننا نرى ان هناك مجموعتين الاولى الدائرة الفارغة والتى تمثل (Z=0) والتى تنشأ من مدخلات متشابهه والثانية الدائرة المصمتة والتى تمثل (Z=1) من مدخلات مختلفة ومن الواضح انه لا يمكن فصل المجموعتين بخط واحد وذلك بسبب وجود خطين متعامدين حيث يربط كل خط بين الدائرتين المتشابهتين .

ويطلق على مثل هذا النوع البصمات التى لا يمكن فصلها بخط مستقيم (Linearly in-separable) . وبذلك فإن نموذج النيرون ذو الطبقة الواحدة لايمكن أن يعطي الحل للمشاكل التي لا يمكن فصلها بخط مستقيم واحد.



X	Y	Z
0	0	0 ○
0	1	1 ●
1	0	1 ●
1	1	0 ○

جدول الحقيقة لدائرة او المانعة

(١٦-١٣) حدود التطبيق لعنصر الادراك المفرد

الفصل السابع عشر

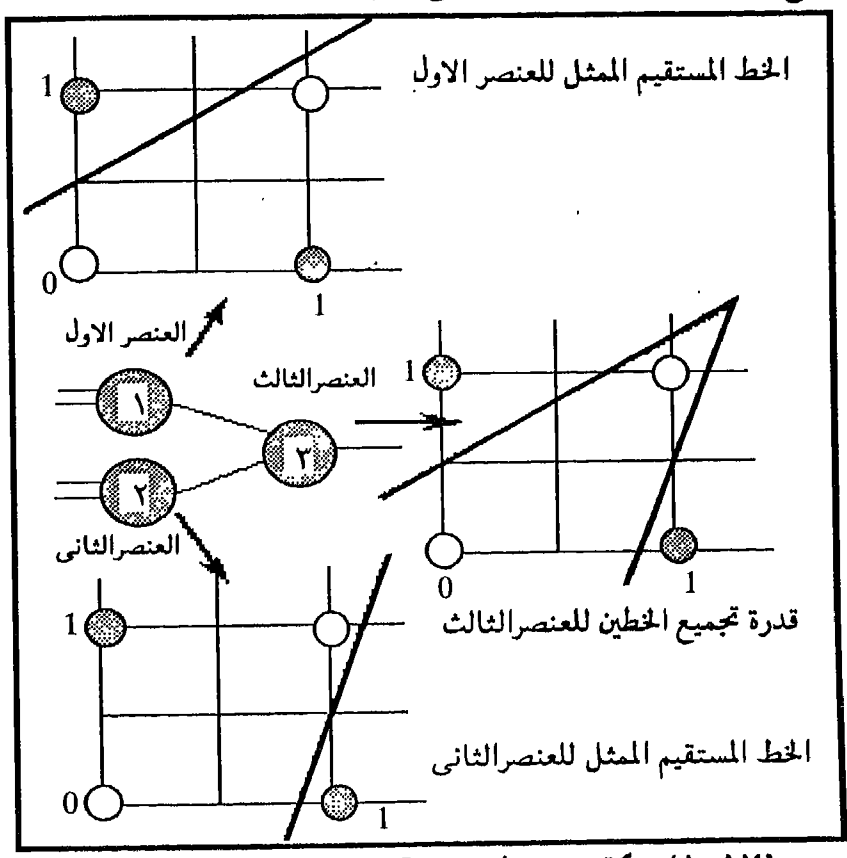
الشبكات العصبية المتعددة الطبقات

Multilayer Neural Networks

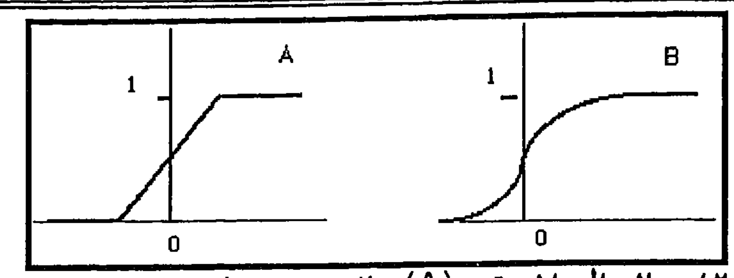
(١٧-١)الشبكات العصبية المتعددة الطبقات

(Multilayer Neural Network)

من الواضح كما رأينا فى الفصل السابق أن النموذج للشبكة العصبية ذات الطبقة الواحدة لايكون قادرا على حل مشكلة الدائرة (أو) المانعة (XOR) وذلك نظرا لانها غير قابلة للفصل بخط مستقيم واحد، ويمكن استخدام نموذج النيرون ذو الطبقة الواحدة كوحدة بناء لشبكة عصبية مكونة من طبقتين. تحتوى الطبقة الاولى على العنصر (١)و(٢) وتحتوى الطبقةالثانية على العنصر (٣) حيث يقوم العنصر (١) بفصل الخرج (Z=1) بالخط المستقيم الاول والذى يكافئ القيم المدخلة (0,1) عن البصمة الكلية، وكذلك يقوم العنصر الثانى (٢) بفصل الخرج (Z=1) والذى يكافئ القيم المدخلة (1,0) بالخط المستقيم الثانى عن باقى البصمة وبضم العنصر الثالث الى العنصرين الاخرين يمكن الحصول على الفصل المبين فى شكل (١٧-١)حيث يقوم العنصر الثالث بتجميع الخطين من العنصر الاول والثانى.



(١٧-١)شبكة من طبقتين تحتوى على ثلاثة عناصر وقادرة على وضع الحل لدائرة او المانعة



(١٧-٢)- الدوال الحدية: (A) دالة حدية خطية ذات ميل ثابت ، (B) دالة حدية مقطعية (Sigmoidal) ذات ميل متغير

ويبدو للوهلة الاولى ان الشبكة الثنائية الطبقات قادرة على الفصل التام بين البصمات ولكن هناك سلبيات أهمها ان العنصر الثالث فى الطبقة الثانية يكون غير قادر علي التمييز بين أى من المداخل النشطة عند المدخل نظرا لانعزالها وبذلك لا يمكن الاجراء الصحيح لضبط الاوزان كما ان الدالة العتبية (Step Function) المثلة للقيمة الحدية فى شكلها الجامد لاتساعد على التفرقة و المعرفة الحقيقية لحالة المداخل وكيفية ضبط الاوزان وللتغلب على هذه المشكلة كان لابد من استخدام دالة حدية ذات طبيعة لا خطية (Non-linear) تتمثل فى وجود ميل او ميل يتغير ببطئ حيث يساعد هذا الميل على التفرقة في قيم الاوزان الواجب تعديلها.

ويبين شكل (١٧-٢) دالة حدية ذات ميل ثابت ودالة مقطعية (Sigmoidal) متغيرة الميل (شكل الحرف(S) فى اللغة الانجليزية) ويعتبر هذا التطوير هو الاساس فى الشبكات العصبية المتعددة الطبقات.

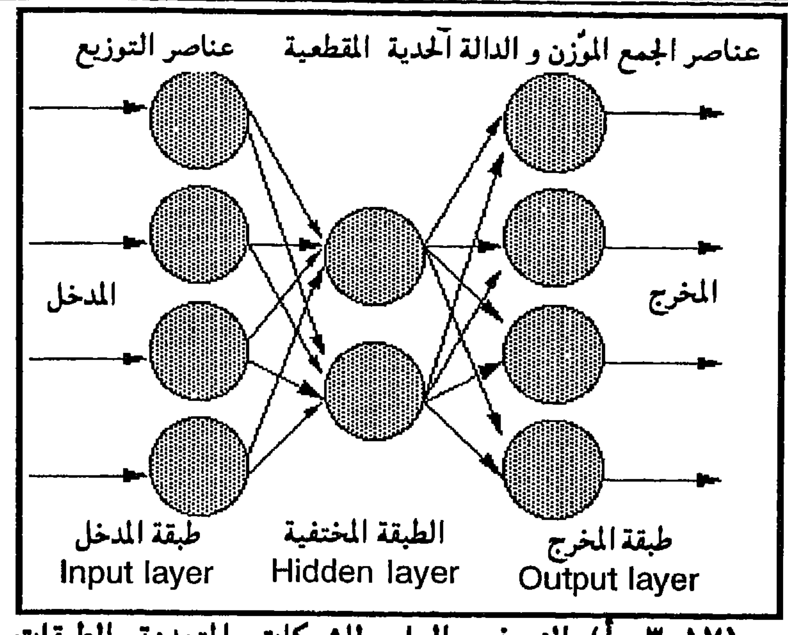
(١٧-١-١)النموذج متعدد الطبقات (Multilayer Model)

يتكون النموذج العام للشبكات المتعددة الطبقات والمبين فى شكل (١٧-٣ أ) من ثلاث طبقات كمايلى:

١ - **طبقة المدخل** (Input layer) والتى تعمل عناصرها الحسابية (PE) على توزيع القيم المدخلة ولاتقوم بإجراء عملية الجمع الموزن (Weighted Sum) او وضع القيم ألحدية للاثارة.

٢ - **الطبقة المختفية** (Hidden layer) وهى الطبقة التى تقع بين طبقة المدخل وطبقة المخرج وتقوم عناصرها الحسابية بإجراء عملية الجمع الموُزن (Weighted Sum) وتطبيق القيم الحدية للاثارة وذلك بإستخدام الدالة الحدية المقطعية (Sigmoid Function) المبينة سابقاً.

٣ - **طبقة المخرج** (Output layer) وهى الطبقة التى تقع عند المخرج وتقوم عناصرها الحسابية بإجراء عملية الجمع الموُزن (Weighted Sum) ووضع وتطبيق القيم الحدية للاثارة، وذلك بإستخدام الدالة الحدية المقطعية (Sigmoid Function) مثل الطبقة المختفية.



(١٧-٣ أ)-النموذج العام للشبكات المتعددة الطبقات

وحيث انه تم التعديل بإضافة طبقة مختفية بين طبقتى المدخل والمخرج واستخدام الدالة الحدية المقطعية (Sigmoid Function) والتى تحمل الخواص اللاخطية، لذلك يلزم إستحداث طريقة اخرى للتعليم، تكون قادرة على التفاعل بين الطبقات الثلاث مثل قاعدة دلتا العامة (Generalised Delta Rule)ا وقاعدة الانتشارا الخلفى .(Backpropagation Rule)

(١٧-١-٢) قاعدة دلتا المعممة للتعليم (Generalised Learning Delta Rule)

يطلق كذلك على هذه القاعدة قاعدة الانتشار الخلفى او العكسى ولقد اقترحها كل من (Rumelhart, McClelland & Williams) فى عام ١٩٨٦ ومن أهم الكتب التى عالجت هذا الموضوع هو الكتاب الذى تم نشره تحت عنوان المعالجة المتوازية الموزعة (Paralle Dis- tributed Processing) . وتعتبر قاعدة التعليم هذه معقدة بعض الشئ اذا قورنت بطريقة التعليم البسيطة للنيرون فاذا فرضنا ان هناك شبكة عصبية متعددة الطبقات وتحتوى على الثلاثة طبقات السابق تعريفها، ونريد لهذه الشبكة ان تتعلم للتعرف على شكل معين او بصمة معينة عند مدخل الشبكة لتعطى خرجاً معيناً عند المخرج يكون الدليل على نجاح عملية التعرف، وفيمايلى شرح لخطوات هذه الطريقة :

١ - نبدأ بتعريض الشكل المعين او البصمة عند مدخل الشبكة الغير مدربه حيث تقوم الشبكة

بعمل الحسابات اللازمة للجمع الموّزن وتطبيق الدالة الحدية وحساب قيمة الخرج وتبعاً لذلك فإننا سوف نحصل على قيم عشوائية للخرج من الشبكة.

٢ - من الطبيعى ان نقوم بحساب دالة الخطأ بين قيم الخرج العشوائية التى تم الحصول عليها والتى تمثل الخرج الحقيقى فى الخطوة الاولى وقيم الخرج المعين المطلوب.

٣ - لتقليل قيم دالة الخطأ فإننا نقوم بتعديل الاوزان فى طبقة الخرج اولافي أتجاه تقليل الخطأ ، ثم نشر او نقل هذا الخطأ الى الطبقة السابقة وتعديل الاوزان عند مداخل هذه الطبقة ،وحساب قيم الخرج مرة ثانية للشبكة فى الوضع الجديد وحساب دالة الخطأ مرة اخرى مستخدما الخرج الجديد والخرج المطلوب، وتعديل الاوزان مرة اخرى فى طبقة الخرج ثم نقل الخطأ الجديد الى الطبقة التى قبلها وهكذا .

٤ - يتم تكرار التعليم عدد مرات حتى تتلاشى دالة الخطأ ويصبح الخرج المحسوب هو الخوج المطلوب، وبذلك تتعلم الشبكة على التعرف الصحيح. وتعتبر عدد مرات التكرار هى المقياس لكى تتعلم الشبكة، كما يطلق على هذا النوع من التعليم للشبكة بالتعليم الموجه (Supervised Learning).

(١٧-١-٣)التمثيل الرياضى لقاعدة دلتا للتعليم

(Mathematical Representation of Learning Delta Rule)

نفرض ان هناك بصمة (Pattern P) شكل (١٧-٣ب)وان هناك شبكة ثلاثية الطبقات مثلا ونفرض كذلك مايلى:

١- ان العناصر (j),(i) تمثل عناصر داخل الشبكة.

٢ - ان الوزن بين العنصرين هو W_{ij}.

٣ - ان الخرج الحقيقى عند مخرج العنصر (j) هو o_{pj}.

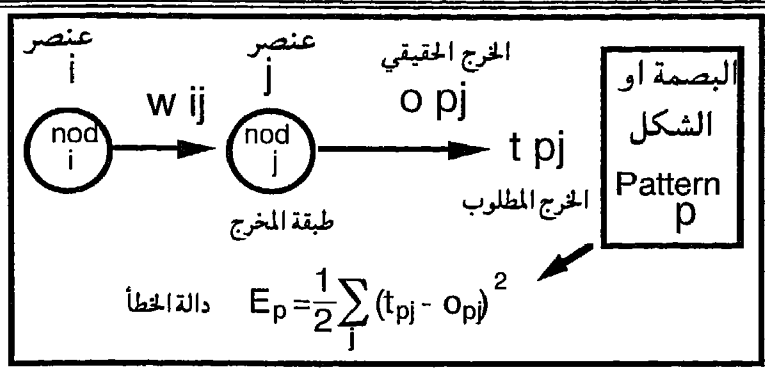
٤- ان الخرج المطلوب عند مخرج العنصر(j) هو t_{pj}.

٥- ان الخطأ الكلي فى توصيف البصمة E_p.

ونفرض ان دالة الخطأ تتناسب مع مربع الفرق بين الخرج الحقيقى والخرج المطلوب فى الشكل الاتى:

$$E_p = \frac{1}{2}\sum_j (t_{pj} - o_{pj})^2 \qquad \text{.......................(١)}$$

ويمكن حساب دالة التنشيط(net_{pj}) فى العنصر(j) من اجل التعرف على البصمة(P) والتى تعتبر مجموع حاصل ضرب الوزن فى قيمة الدخل كمايلى:



(١٧-٣)- التمثيل الرياضي لقاعدة دلتا المعممة

$$net_{pj} = \sum_i w_{ij} o_{pi} \qquad \text{.....................(٢)}$$

حيث o_{pi} هو الخرج الفعلى من العنصر i .

ويكون الخرج الفعلى o_{pj} من العنصر (j) هو حاصل ضرب المجموع الموزن فى الدالة الحدية المقطعية (f_j) كمايلى:

$$o_{pj} = f_j(net_{pj}) \qquad \text{.....................(٣)}$$

٦ - ويمكن كتابة التغير فى الخطأ الكلى بدلالة التغير فى الاوزان كمايلى:

$$\frac{\partial E_p}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial E_p}{\partial net_{pj}} \frac{\partial net_{pj}}{\partial w_{ij}} \qquad \text{.....................(٤)}$$

ويمكن تعديل الحد الثانى من المعادلة (٤) والذى يشمل التغير فى الدالة الحدية المقطعية بدلالة التغير فى الاوزان ليصبح الخرج الفعلى o_{pi} من العنصر (i) كمايلى:

$$\frac{\partial net_{pj}}{\partial w_{ij}} = \frac{\partial}{\partial w_{ij}} \sum_k w_{kj} o_{pk}$$

$$= \sum_k \frac{\partial w_{kj}}{\partial w_{ij}} o_{pk} = o_{pi} \qquad \text{.....................(٥)}$$

حيث ان القيمة

$$\frac{\partial w_{kj}}{\partial w_{ij}} = 0$$

فى جميع الاحوال ماعدا عند $k = i$ فإن قيمتها تساوى الوحدة δ_{pj}

٨ - فإذا فرضنا ان التغير فى الخطأ كدالة فى التغير فى مداخل الشبكة للعنصر j هو كمايلى:

$$-\frac{\partial E_p}{\partial net_{pj}} = \delta_{pj} \qquad \text{......................(٦)}$$

وبالتعويض فى المعادلة (٤) يصبح التغير فى الخطأ الكلى بدلالة التغير فى الاوزان كمايلى:

$$-\frac{\partial E_p}{\partial w_{ij}} = \delta_{pj} o_{pi} \qquad \text{......................(٧)}$$

ويصبح تقليل الخطأ E_p هو فى الحقيقة محاولة تقليل الاوزان بقيم تتناسب مع $\delta_{pj} o_{pj}$ والتى يمكن كتابتها فى الشكل :

$$\Delta_p w_{ij} = \eta \, \delta_{pj} o_{pj} \qquad \text{......................(٨)}$$

حيث يعتبر المعامل $0 \le \eta \le 1$ هو الذى يتحكم فى معدل الانضباط.

٩- ولتحديد قيمة التغير δ_{pj} فى دالة الخطأ لكل عنصر يمكننا تحديد كيفية تعديل دالة الخطأ الكلية E_p وذلك بكتابة مايلى:

$$\delta_{pj} = -\frac{\partial E_p}{\partial net_{pj}} = -\frac{\partial E_p}{\partial o_{pj}} \frac{\partial o_{pj}}{\partial net_{pj}} \qquad \text{......................(٩)}$$

حيث يمثل الجزء الاول من المعادلة (٩)من الطرف الايمن مايلى:

$$\frac{\partial E_p}{\partial o_{pj}} = -(t_{pj} - o_{pj}) \qquad \text{......................(١٠)}$$

ويمثل الجزء الثانى من المعادلة (٩)من الطرف الايمن مايلى:

$$\frac{\partial o_{pj}}{\partial net_{pj}} = f_j'(net_{pj}) \qquad \text{......................(١١)}$$

وبذلك تصبح قيمة دلتا δ_{pj} كمايلى:

$$\delta_{pj} = f_j'(net_{pj}) \, (t_{pj} - o_{pj}) \qquad \text{......................(١٢)}$$

والتى تعطى مقدار التغير بين القيم المستهدفة (Target) والقيم الفعلية (Actual) للخرج عند الطبقة الاخيرة (طبقة المخرج)، ومن الملاحظ انه يمكن حساب هذه الكمية

ببساطة حيث ان القيم الفعلية والمستهدفة معرّفة، وليس هذا الحال بالنسبة للطبقة المختفية حيث يختلف الامر من عدم معرفة القيم المستهدفة.

١٠- اذا فرضنا ان العنصر j موجود فى الطبقة المختفية وليس فى طبقة المخرج، فإنه يمكن كتابة مايلى:

$$\frac{\partial E_P}{\partial o_{pj}} = \sum_k \frac{\partial E_P}{\partial net_{pk}} \frac{\partial net_{pk}}{\partial o_{pj}}$$

$$= \sum_k \frac{\partial E_P}{\partial net_{pk}} \frac{\partial}{\partial o_{pj}} \sum_i w_{ik} o_{pi} \quad \text{.......................(١٣)}$$

$$= -\sum_k \delta_{pk} w_{jk} \quad \text{.......................(١٤)}$$

وبإستخدام المعادلات (٢)، (٦)،(٥)،وبالتعويض فى (٩) بإستخدام (١٤) فإنه يمكن الحصول على مايلى:

$$\delta_{pj} = f_j'(net_{pj}) \sum_k \delta_{pk} w_{jk} \quad \text{.......................(١٥)}$$

والتى تعطى مقدار التغير فى دالة الخطأ بالنسبة للتغير الحادث فى الاوزان للشبكة δ_{pj} ومعتمدة على الخطأ فى الطبقة السابقة δ_{pk} والتى تساعد على تغيير دالة الخطأ فى الاتجاه الى تقليله وذلك بالترتيب الآتى:

١ - يجرى حساب مقدار الخطأ δ_{pj} لعناصر الطبقة الاخيرة (طبقة المخرج) اولا وذلك بإستخدام المعادلة رقم (١٢) فى الشكل :

$$\delta_{pj} = f_j'(net_{pj}) (t_{pj} - o_{pj}) \quad \text{.......................(١٦)}$$

٢ - استخدام ظاهرة الانتشارالعكسى (Back Propagation) (او الانتشار الى الخلف او المرتد)وذلك بتمرير الخطأ الى عنصر الطبقة المختفية او الطبقة التى تلى طبقة المخرج وحساب الاوزان وتغيير القيم لها ، وذلك بإستخدام المعادلة رقم (١٥) فى الشكل:

$$\delta_{pj} = f_j'(net_{pj}) \sum_k \delta_{pk} w_{jk} \quad \text{.......................(١٧)}$$

٣ - وبإستخدام هاتين المعادلتين يمكن تعليم (Train) الشبكة المتعددة الطبقات تحت مظلة الانتشار الى الخلف (Back Propagation).

ومن اهم فوائد استخدام الدالة الحدية المقطعية (Sigmoid Threshold Function) فى الشكل اللاخطى (Non-linear) الاتى:

$$f(net) = \frac{1}{1 + e^{-k\ net}} \qquad \text{.......................(١٨)}$$

كمايلى:

١- ان مدى هذه الدالة ينحصر بين الصفر والواحد الصحيح $0 < f(net) < 1$ ، وان المعامل k هو ثابت موجب ويقوم بالتحكم في تدرج إنحناء الدالة الحدية، حيث يكون الإنحناء كبيرا عند القيم الصغرى للثابت (k) ، وتاخذ الدالة شكل دالة (Heaviside) عند القيم الكبيرة له.

٢- يمكن تعريف الثابت k على انه المتحكم التلقائى فى مكسب الاشارة (Automatic Gain Control) حيث يمكن التحكم فى التغيير عندما تكون الاشارة الواقعة على الخط المائل للدالة صغيرة ويكون المكسب كبيراً، وعلى العكس عندما تكون الاشارة كبيرة فإن التغيير يكون قليلا، وهذا يعنى ان الشبكة تكون مناسبة لقيم المداخل الكبيرة وتظل صالحة للقيم الصغرى.

٣ - ان هذه الدالة سهلة التفاضل وبذلك تكون مناسبة للاستخدام فى شبكات الانتشار الخلفى او المرتد(Back Propagation)، فإذا فرضنا ان قيمة الخرج من احد العناصر هو Opj كمايلى:

$$o_{pj} = f(net) = \frac{1}{1 + e^{-k\ net}} \qquad \text{.......................(١٩)}$$

ويكون المشتق التفاضلى الاول دالة فى قيم الخرج كمايلى:

$$f'(net) = \frac{k\, e^{-k\ net}}{1 + (e^{-k\ net})^2}$$

$$= k\ f(net)(1 - f(net))$$

$$= k\ f\, o_{pj}(1 - o_{pj}) \qquad \text{.......................(٢٠)}$$

(١٧-١-٤) خوارزم التعليم للنموذج متعدد الطبقات

(The Multilayer Model Learning Algorithm)

لبناء خوارزم التعلم للشبكات العصبية المتعددة الطبقات باستخدام قاعدة الانتشار العكسى (Back Propagation) فإنه يلزم الاستعانة بدالة حدية قابلة للتفاضل، وتاتى فى المقدمة الدالة الحدية المقطعية المذكورة سابقاً (Sigmoid Threshold Function) وتشتمل خطوات البناء مايلى:

١ - بدء التنشيط (Initialise) للاوزان (Weights) والقيم الحدية (Thresholds)ويتم ذلك بإختيار قيم عشوائية (Random) صغيرة للاوزان والقيم الحدية.

٢- تحديد قيم المدخل (Input) والقيم المطلوبه عند المخرج (Desired Output) كمايلى:

أ - ضع قيم المداخل x_p فى الشكل الاتى:

$$X_p = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_{n-1} \qquad \text{(١)}$$

حيث الرقم (n) هو عدد العقد فى طبقة المدخل (Input Nodes).

ب - ضع قيمة w_0 لتمثل القيمة الانحيازية (Bias) $-\theta$.

جـ - ضع قيمة x_0 لتكون دائماً تساوى الواحد الصحيح.

د - ضع قيم الخرج المطلوب او المستهدف Tp فى الشكل الاتى:

$$T_p = t_0 + t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_{m-1} \qquad \text{(٢)}$$

حيث الرقم (m) هو عدد العقد فى طبقة المخرج (Output nodes) .

هـ- ضع جميع عناصر Tp مساوية للصفر ماعدا عنصر واحد يساوى الواحد الصحيح والذى يقابل المطلوب.

٣ - احسب الخرج الفعلى او الحقيقى (Actual) لكل طبقة وذلك كمايلى:

أ- يتم حساب قيمة المخرج y_{pj} للطبقة الاولى من ناحية المدخل فى الشكل:

$$y_{pj} = f\left[\sum_{i=0}^{n-1} w_i x_i\right] \qquad \text{(٣)}$$

ب- يتم إتخاذ قيمة الخرج y_{pj} لهذه الطبقة كقيم لمدخل الطبقة التي تليها، ويتم تكرار العملية الى ان نصل الى الطبقة الاخيرة حيث تكون قيمة الخرج هو o_{pj} .

٤ - ضبط الاوزان (Weights Adaptation)، ويتم ذلك فى الاتجاه العكسى (من طبقة المخرج الى طبقة المدخل) وذلك كمايلى:

أ - يجرى بدء تعديل الاوزان بالشكل الاتى:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta \delta_{pj} o_{pj} \quad \text{......................(٤)}$$

حيث $w_{ij}(t)$ تمثل الاوزان من العقدة او العنصر i الى العنصر j عند الزمن t.

و (η) هو معامل الكسب (Gain Term) و ∂_{pj} هو مقدار الخطأ عند العنصر j وبذلك يصبح الخطأ لعناصر طبقة المخرج مايلى:

$$\delta_{pj} = k o_{pj}(1 - o_{pj})(t_{pj} - o_{pj}) \quad \text{......................(٥)}$$

وللطبقة المختفية كمايلى:

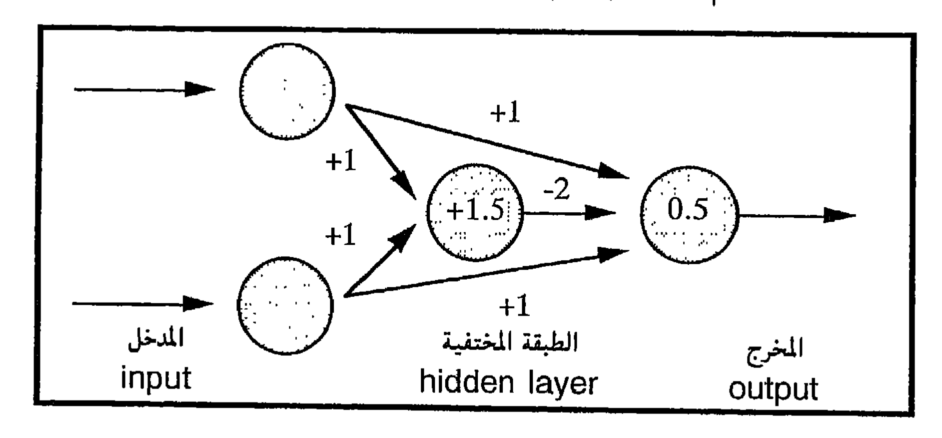
$$\delta_{pj} = k o_{pj}(1 - o_{pj}) + \sum_{k} \delta_{pk} w_{jk} \quad \text{......................(٦)}$$

(١٧-١-٥) وضع الحل لمشكلة الدائرة المنطقية (أو- المانعة)
(Solution Of (XOR) Problem)

مما تم عرضه سابقاً من عدم قدرة الشبكة العصبية ذات الطبقة الواحدة من وضع الحل الصحيح لمشكلة الدائرة أو - المانعة(XOR) والذى يعبر عن حدود التطبيق للنيرون ذو الطبقة الواحدة، وفيمايلى يجرى إستخدام شبكة عصبية مكونة من ثلاث طبقات حيث تمثل الطبقة الوسطى الطبقة المختفية ومدخلين ومخرج واحد والمبينة فى شكل (١٧-٤) لوضع الحل لهذه المشكلة.

من الواضح بالشكل ان الاوزان مبينة على الاسهم والقيم الحدية مبينة داخل العناصر الحسابية، ويمكن شرح عمل الشبكة كمايلى:

١ - اذا كانت قيم المداخل (0 0) اى ان عناصر المدخل غير نشطة (off) وبذلك يصبح



شكل (١٧-٤) شبكة عصبية توضح الحل لمشكلة الدائرة أو- المانعة (XOR)

العنصر الحسابى للطبقة المختفية غير نشطاً كذلك وبالتالى فإن عنصر طبقة المخرج لا يصبح نشطاً كذلك وتكون قيمة الخرج صفراً.

٢ - اذا كانت قيم المداخل (1 0) اى ان احد عناصر المدخل غير نشطة(off) وبذلك يصبح العنصر الحسابى للطبقة المختفية غير نشطاً ويصبح عنصر طبقة المخرج نشطاً (on) وذلك بسبب وجود الواحد عند مدخلها والذي يفوق القيمة الحدية (.5) وتكون قيمة الخرج (1).

٣ - اذا كانت قيم المداخل (0 1) اى انه يتم تبادل وضع عناصر المدخل وتتكرر الخطوة السابقة، وبذلك يصبح العنصر الحسابى للطبقة المختفية غير نشطاً ويصبح عنصر طبقة المخرج نشطاً (on) وذلك بسبب واحد عند مدخلها والذى يفوق القيمة الحدية (.5) وتكون قيمة الخرج (1) .

٤ - اذا كانت قيم المداخل (1 1) اى ان عناصر المدخل نشطة(on) وبذلك يصبح العنصر الحسابي للطبقة المختفية نشطاً كذلك وذلك بسبب وجود المجموع (2) للاوزان عند مدخله والذى يفوق القيمة الحدية لعنصر الطبقة المختفية (1.5) ويكون الخرج له يساوى (1) وبالتالى فإن عنصر طبقة المخرج لايصبح نشطا وتكون قيمة الخرج صفرا وذلك بسبب وجود المجموع الموزن الآتى:

$$1x1+1x1+1x(-2))=0$$

عند مدخله والتى تقل عن القيمة الحدية للعنصر(.5) .

ومن الملاحظ ان الطبقة المختفية تعمل مثل كاشف للملامح او السمات (Featuer Detector) حيث يكتشف حالة النشاط لعنصرى طبقة المدخل.

(١٧-٢)سلوك الشبكات المتعددة الطبقات

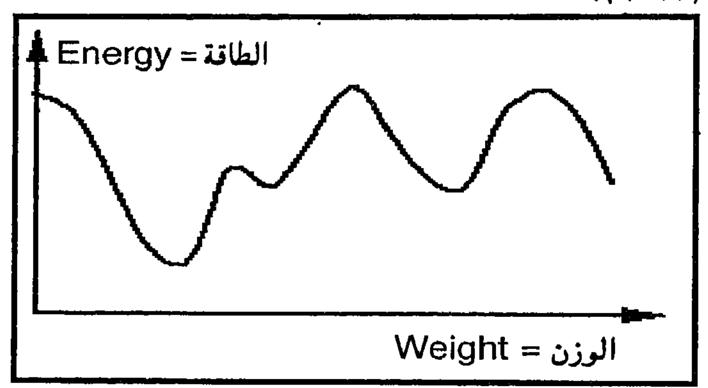
(Behaviour Of Multilayer Network)

فيما سبق تم شرح قاعدة دلتا المعممة رياضيا وإبراز كيف يمكن نقل الخطأ من المخرج الى الطبقة المختفية وضبط الاوزان وتعليم الشبكة عدة مرات ثم تم شرح كيف يمكن للشبكة المتعددة الطبقات من وضع الحل للدائرة(او) المانعة، وللوصول الى تفهم واضح لسلوك الدائرة فإننا سوف نقوم بتعديل تعريف دالة الخطأ لتصبح دالة للطاقة (Energy) والتى تمثل مقدار طاقة الفرق بين قيم الخرج الفعلى والخرج المطلوب كمايلى:

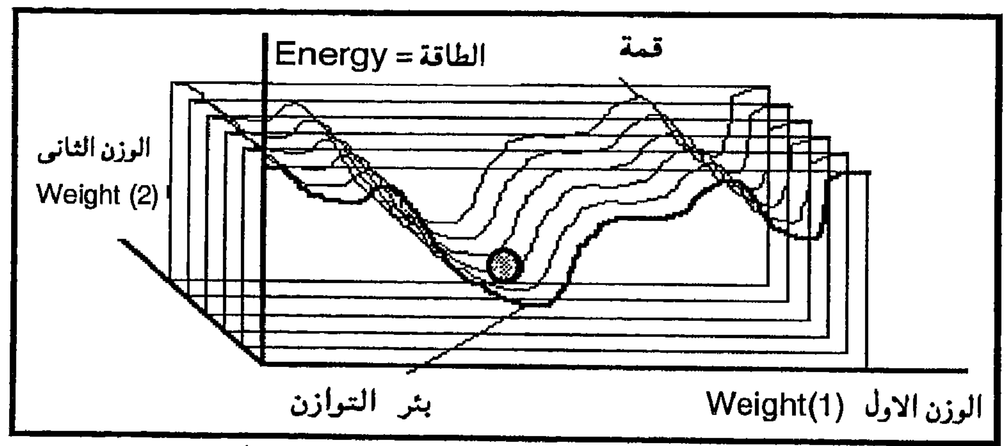
$$Energy = \text{الطاقة} = E_p = \frac{1}{2}\sum_j (t_{pj} - o_{pj})^2$$

وتصبح دالة الطاقة معتمدة على الاوزان (Weights) بين عناصر الشبكة وقيم المداخل (Inputs) للشبكة، ويمكن تمثيل منحنى الطاقة بيانيا كما هو مبين فى شكل (١٧-٥) وذلك اذا اعتبرنا ان الشبكة ثابتة ولايتغير فيها الاوزن واحد فقط.

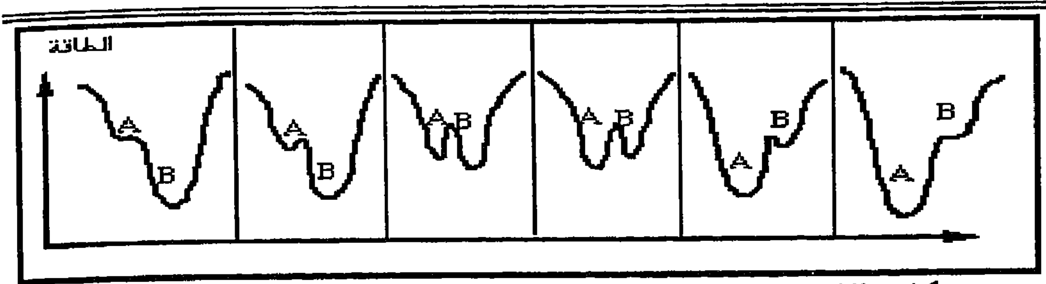
واذا فرضنا اننا سوف نقوم بتغيير وزنين فقط، فان ذلك يمكن تمثيله برسم فى فراغ ثلاثى الابعاد (3-D) حيث يمثل كل وزن احد الاحداثيات ويحتوى على القمم (Hills) والقيعان او الوديان (Valleys) ويصبح اكبر انخفاض فى احد الوديان هو المقابل لاقل قيمة لدالة الطاقة والذى يعرف ببئر التوازن الذى يشير الى حالة التطابق بين الخرج المطلوب والخرج الفعلى كما هو مبين فى شكل (١٧-٦).



شكل (١٧-٥) التغير فى دالة الطاقة طبقاً للتغير فى احد الاوزان



شكل(١٧-٦) تمثيل دالة الطاقة فى ثلاثة ابعاد طبقاً للتغير فى وزنين فقط



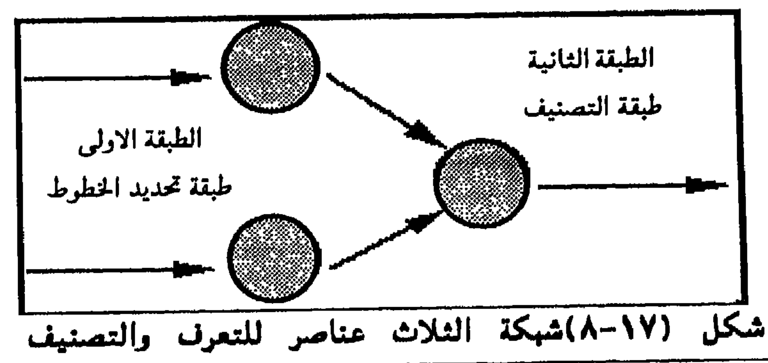
شكل (١٧-٧)تعديل الوزن فى اتجاه التعرف على الشكل (A)

ومن المعروف ان الشبكات الحقيقية تتطلب تعديل الكثير من الاوزان وتبعا لذلك تتحول دالة الطاقة الى شكل فراغى متعدد الابعاد يصعب حتى التفكير فى تمثيلة، ولذلك يمكن القول بان السطح المتعدد الابعاد سوف يحتوى على القمم التى تقابل الطاقات العظى والتى تبعد كل البعد عن الحل المطلوب والوديان والتى تقابل قيم الطاقات الصغرى التى تكون اصغرها هى النقطة المطلوبة، ومن هذا المنطلق فإن قاعدة دلتا المعممة تبحث عن اقل مستوى للطاقة وذلك بإستخدام طريقة هبوط الميل (Gradient Descent). ويبين شكل (١٧-٧) تصور مبسط فى بعد واحد كيف يجرى تعديل الوزن فى إتجاه الوصول الى التعرف على الحرف (A).

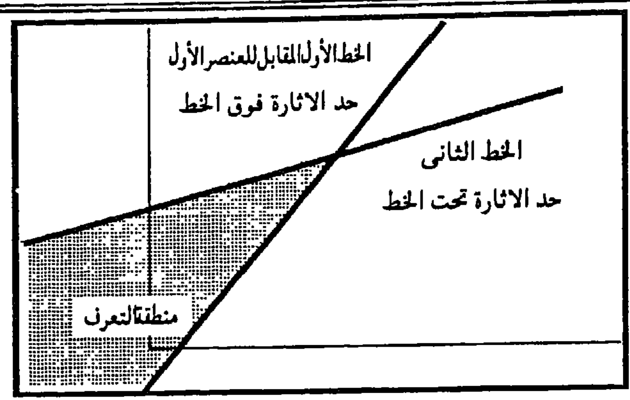
(١٧-٣) الشبكات المتعددة الطبقات كمصنفات

(Multilayer Network As Classifiers)

كما رأينا سابقاً ان الشبكة المكونة من عنصر واحد (نيرون واحد) والذى يقوم بعملية الجمع الموزّن وتطبيق الدالة الحدية للاستثارة تكون غير قادرة على وضع الحل لدائرة(او)المانعة حيث ان الاخيرة لا يمكن فصلها بخط مستقيم واحد (Linearly Inseparable). وكما راينا كذلك ان الشبكة المكونة من طبقتين قادرة على الفصل ووضع الحل لدائرة (او) المانعة. ولايضاح قدرة الشبكات العصبية على التصنيف نفرض شبكة عصبية مكونة من ثلاثة عناصر حسابية والمبينة فى شكل (١٧-٨).



شكل (١٧-٨)شبكة الثلاث عناصر للتعرف والتصنيف



شكل (١٧-٩)منطقة التعرف (او اتخاذ القرار) فوق الخط الاول وتحت الخط الثانى

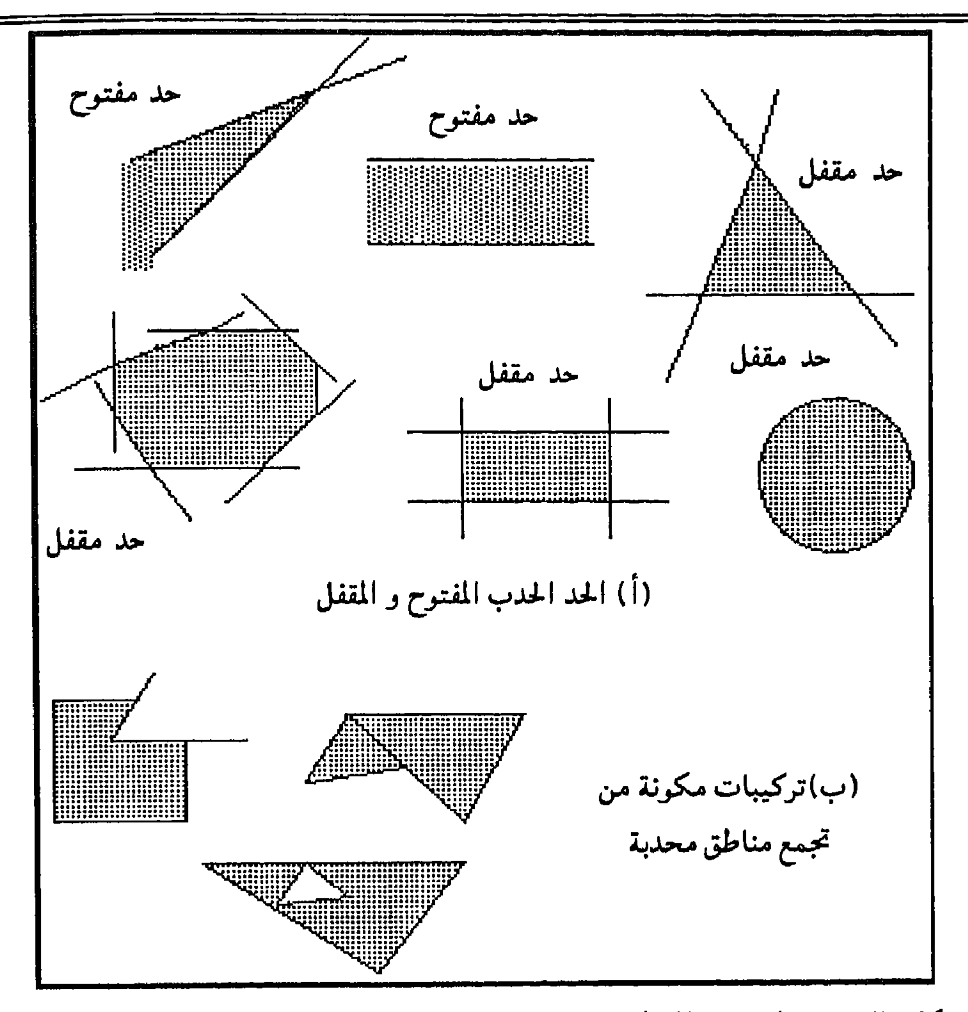
ومن الواضح ان العنصر فى الطبقة الثانية لايعطى خرجاً يساوى الوحدة الا فى حالة واحدة فقط وذلك عندما يكون الخرج من العنصرين فى الطبقة الاولى مساو للواحد الصحيح، اى ان هذه المجموعة تقوم بعمل دائرة (و) المنطقية (Logical AND) حيث ان كل عنصر فى الطبقة الاولى يقوم بتمثيل احد الخطوط فى الفراغ الذى يمثل حيز البصمة او الشكل ويقوم العنصر الثالث فى الطبقة الثانية بعمل التصنيف (Classification) الذى يعتمد على التجميع للخطين كما هو موضح بشكل (١٧-٩) حيث تكون منطقة التعرف هى المنطقة المحصورة فوق الخط الاول وتحت الخط الثانى.

(١٧-٣-١)الحدود والمناطق المحدبة (Convex Hulls and Convex Regions)

تتكون الحدود والمناطق المحدبة فى الشبكات اذا ذاد عدد العناصر الحسابية فى طبقة المدخل عن إثنين حيث يقوم كل عنصر بتمثيل خط مستقيم وتتقاطع هذه الخطوط لتعطى مناطق وحدود محدبة كما هو مبين فى شكل (١٧-١٠) ويعرف الحد المحدب (Convex Hulls) بانه التقاطع للخطوط بحيث لايمر الخط المستقيم داخل منطقة التقاطع وبينما تعرف المناطق المحدبة (Convex Regions) بانها المناطق التى تتكون من تقاطع الحدود المحدبة، وفى كثير من الاحوال تتكون تركيبات من تجمع اكثر من منطقة محدبة ويمكن ابراز الحقائق الاتية :

١ - إن اضافة اى عنصر فى الطبقة الاولى سوف يؤدى الى ذيادة عدد الاضلاع للحد المحدب وبذلك تتساوى عدد الاضلاع مع عدد العناصر الحسابية فى الطبقة الاولى.

٢ - عند اضافة طبقة ثانية الى الطبقة الاولى فإن عناصر هذه الطبقة سوف تستقبل حدود محدبة التى يمكن ان تتقاطع او تنفصل او تقع فوق بعضها مكونة لتركيبات مختلفة.

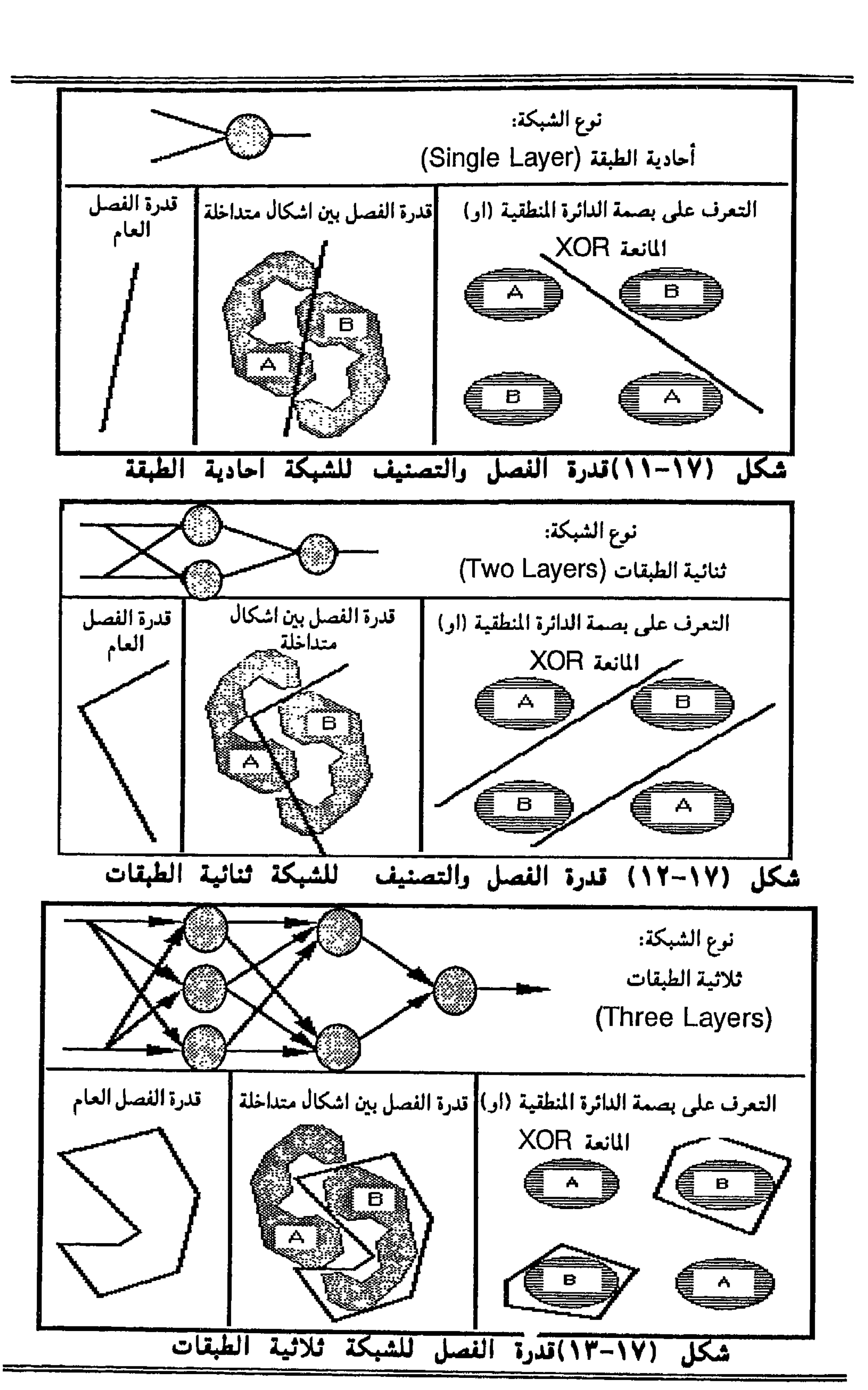


شكل (١٧-١٠)الحدود والمناطق المحدبة والمعتمدة على عدد العناصر فى الطبقة الاولى

٣ - عند إضافة طبقة ثالثة فإنه يمكن الحصول على تركيبات اكثر تعقيداً حيث تعتمد درجة التعقيد على عدد العناصر الحسابية فى الشبكة والتى تعنى اننا لا نحتاج الى اكثر من ثلاث طبقات للتعرف او الفصل لأى بصمات او أشكال مهما كانت درجة التعقيد، وهذا الفرض البسيط هو فى الحقيقة أساس نظرية كولموجروف (Kolmogorov Theorem) التى تنص على مايلى:

" ان الشبكة ذات الثلاث طبقات قادرة علي وضع الحل من التعرف او الفصل او التصنيف لاي مشكلة مهما بلغت من التعقيد ".

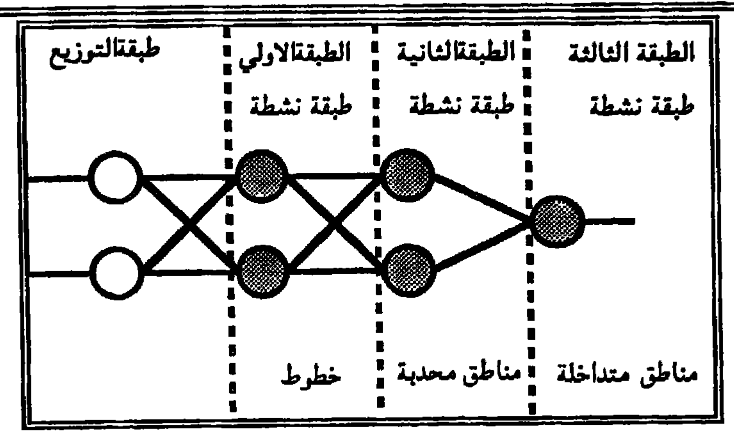
ويمكن شرح ذلك فى الشكل (١٧-١١)للشبكة احادية الطبقة والشكل(١٧-١٢) للشبكة الثنائية للطبقة والشكل (١٧-١٣) للشبكة ثلاثية الطبقات.



شكل (١٧-١١)قدرة الفصل والتصنيف للشبكة احادية الطبقة

شكل (١٧-١٢) قدرة الفصل والتصنيف للشبكة ثنائية الطبقات

شكل (١٧-١٣)قدرة الفصل للشبكة ثلاثية الطبقات



شكل (١٧-١٤) قدرة الفصل للشبكة ثلاثية الطبقات

(١٧-٣-٢)تحديد طبيعة العمل للطبقات (Function Determination of Layers)

من الملاحظ انه يوجد كثير من عدم الوضوح بالنسبة لبعض ما تم نشرة فى بعض الكتب عن الشبكة الثلاثية الطبقات والتى تتركب من الطبقات الاتية كما فى شكل (١٧-١٤):

١ - طبقة التوزيع والتى تشتمل على عدد من العناصر يحدد عددها عدد الخطوط فى الحل النهائى وتقوم بتوزيع القيم للمداخل على عناصر الطبقة التى تليها.

٢ - الطبقة الاولى وهى طبقة نشطة تقوم بعمل الجمع الموُزن وتحدد طبيعة الخطوط.

٣ - الطبقة الثانية وهى طبقة نشطة تقوم بعمل الجمع الموُزن وتحدد طبيعة المناطق المحدبة عند مخرجها.

٤ - الطبقة الثالثة وهى طبقة نشطة تقوم بعمل الجمع الموُزن وتحدد طبيعة المناطق المتداخلة عند مخرجها.

(١٧-٤)خاصية التعميم (Generalisation Property)

تعتبر خاصية التعميم من اهم السمات الاساسية للشبكات العصبية المتعددة الطبقات حيث يمكن للشبكة ان تقوم بتصنيف بصمات لم تدرب عليها من قبل،وتوصف هذه الخاصية بانها قدرة الشبكة على اكتشاف الملامح (Features) للشكل او البصمة المدخلة والمطابقة او القريبة من الملامح التى تعلمت عليها الشبكة من بصمات اخرى مسجلة او مشفرة بداخل هذه الشبكات، والتى تعنى ان التعرف والتصنيف يتم باستخدام ملامح مشتركة فى البصمة او الشكل المدخل وملامح مماثلة معرفة لبصات اخرى. ومن فوائد خاصية التعميم مايلى :

١- رفع كفاءة طريقة التعليم للشبكة بإستخدام الأمثلة (Learning by Examples) حيث يجرى تعليم الشبكة علي ملامح مجموعة من البصمات ثم التعرف على بصمة اخرى لم يتم التعلم عليها باستخدام الملامح المعرفة من خلال خاصية التعميم.

٢- تساعد هذه الخاصية على التخلص من التشويش او الضوضاء الالكترونية (Noise) حيث يمكن التعرف على بصمات مشوشة بكمية كبيرة من الضوضاء.

٣- تؤدى هذه الخاصية الي ان تتفوق الشبكات العصبية فى تفسير البصمات التى تحتوى على ملامح معرفة سابقاً (Interpolation) من قبل الشبكة ولايمكنها التفسير المسبق (Extrarpolation) لبصمات لاتحتوى على اى من الملامح المعرفة من قبل.

(١٧-٥)التجاوز عن الخطأ (Fault Tolerance)

حيث ان طريقة العمل للشبكات العصبية تعتمد على المعالجة الموزعة المتوازية (Distributed Parallel Processing) والتى تسمح للشبكات العصبية بان تقوم بالعمل تحت نسبة كبيرة من الخطأ المسموح به، ويجرى تفسير ذلك لطبيعة عمل العناصر الحسابية للشبكة التى تعمل على التوازى لتعطى خرجاً معيناً. فإذا فرضنا مثلا ان شبكة ما تحتوى على مائة عنصر حسابى فإن الخرج يعتمد على عمل هذه المائة عنصر، والذى لايتأثر فى حالة غياب او تلف بعض منها او نسبة كبيرة منها عند التعرف او اجراء التصنيف، وطبقاً لذلك فإن هذه الشبكات تكون قادرة على التعلم والتعرف في وجود نسب كبيرة من الضوضاء او التشويش.

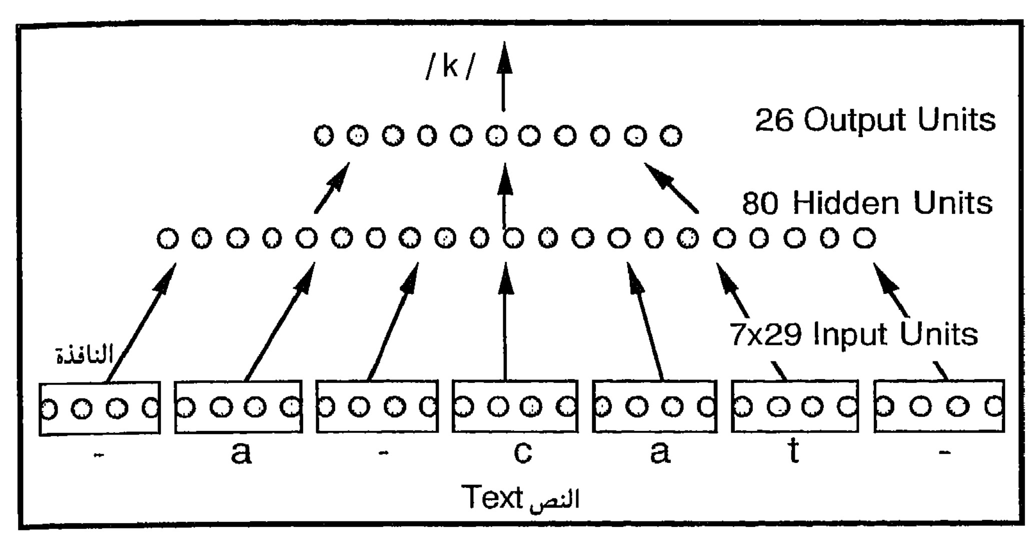
(١٧-٦) بعض تطبيقات الشبكات متعددة الطبقات

(١٧-٦-١)الشبكة الناطقة (NETTALK)

تعتبرالشبكة الناطقة من أشهر التطبيقات للشبكات العصبية الاصطناعية المتعددة الطبقات والتى تم تدريبها لنطق النصوص المكتوبة باللغة الانجليزية والتى تم نشرها لأول مرة فى عام ١٩٨٧ من قبل سيجنوسكى وروزنبرج (Sejnowski & Rosenberg).

تتركب الشبكة من (٢٠٣) عنصراً فى طبقة الادخال و(٨٠) عنصراً فى الطبقة المختفية، علاوة على (٢٦) عنصراً فى طبقة المخرج بواقع عنصر لكل فونم (Phoneme) حيث يمثل الاخير الوحدة الصوتية التى يتكون منها الحديث كما هو مبين فى شكل (١٧-١٥).

لكى تقوم الشبكة بنطق الكلمات الانجليزية المكتوبة، فلقد تم إستخدام نافذة (Window) عرضها سبعة حروف بحيث تقوم الشبكة بالتعلم على نطق الحرف الاوسط (مثل الحرف C كما هو واضح فى الشكل، حيث ان النطق للحرف الاوسط فى النافذة يعتمد على الحرف الذى قبله والحرف الذى بعده، وبذلك تتعلم الشبكة النطق السليم للحرف طبقا لموقعه فى الكلمة مثل



شكل(١٧-١٥)الشبكة العصبية الناطقة (NETTALK)

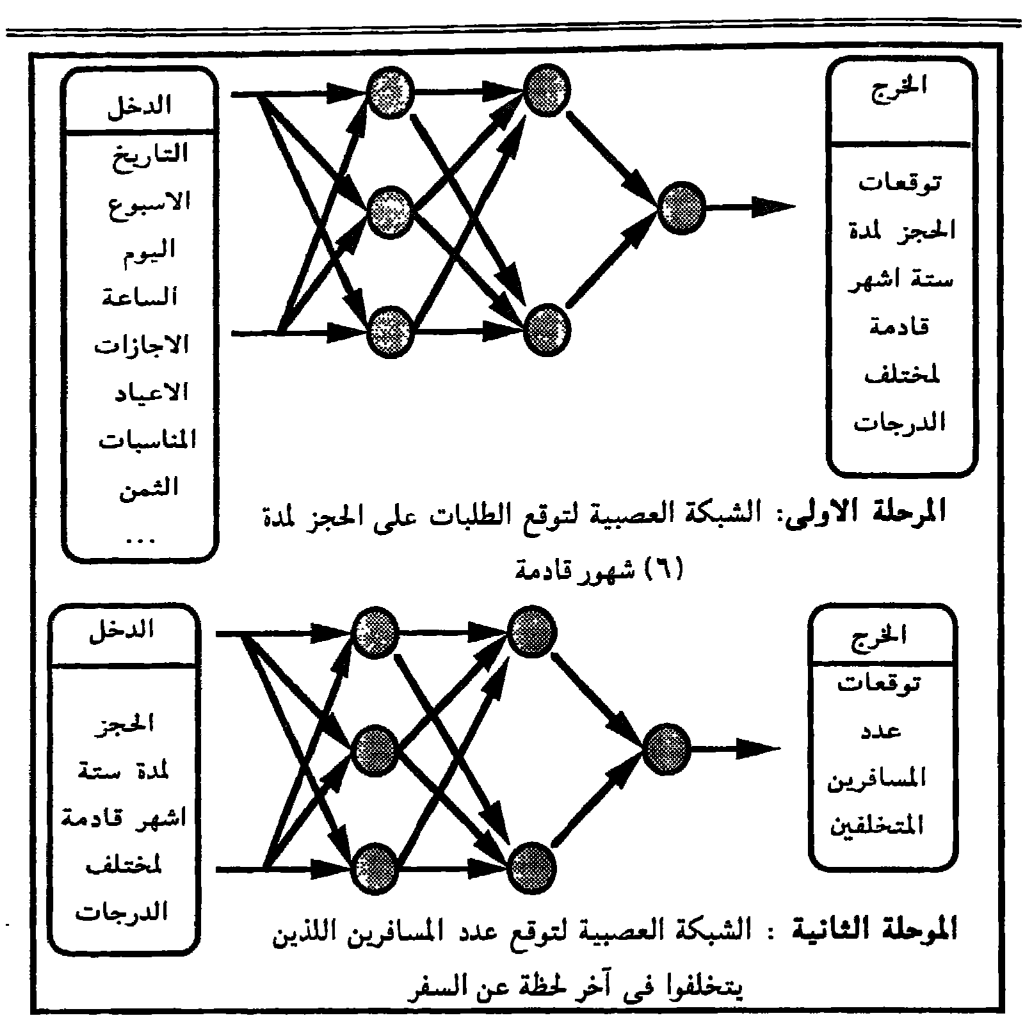
الحرف(c) المتبوع بالحرف(a) والذى يتم نطقه فى شكل حرف(k)ولقد أمكن تدريب الشبكة للنطق الصحيح للكلمات الانجليزية بكفاءة تساوى ٩٠٪. عند تعميم الاستخدام بمحاولة نطق كلمات من القاموس لم تتعلم عليها الشبكة قبل ذلك وصلت الكفاءة مابين ٨٠٪ و ٨٧٪. وعند اضافة تشويش عشوائى تمكنت الشبكة من مقاومته بشكل كبير.

(١٧-٦-٢)المخطط التسويقى لشركات الطيران (Airline Marketing Tactican)

من اهم المشاكل التسويقية التى تقابل شركات الطيران هو تخلف وعدم وصول بعض المسافرين الى ارض المطار قبل موعد الاقلاع، وبذلك تطير الطائرة وبها بعض الأماكن الشاغرة والتى تعتبر من الناحية المالية خسارة على الشركة حيث انها مقاعد بدون عائد مادى، وذلك يتطلب معرفة مسبقة لعدد المسافرين الذين يتخلفون قبل الاقلاع بوقت كاف حتى يمكن التصرف باعادة الحجز لأمكانهم بالطائرة. يتكون النظام من مرحلتين كما هو مبين فى شكل (١٧-١٦)مايلى:

١- **المرحلة الاولى:** الشبكة العصبية لتوقع الطلبات على الحجز لمدة (٦) شهور قادمة والتى تقوم بالتعلم والتدرب على قوائم حقيقية للحجز تم تسجيلها على مدى العام الكامل مع الاخذ فى الاعتبار التاريخ والاسبوع واليوم والساعة والاجازات والاعياد والمناسبات والثمن وما الى ذلك ثم تقوم الشبكة المدربة بعد ذلك باجراء توقع لطلبات الحجز لمدة (٦)شهور قادمة.

٢ - **المرحلة الثانية:** الشبكة العصبية لتوقع عدد المسافرين اللذين يتخلفوا فى آخر

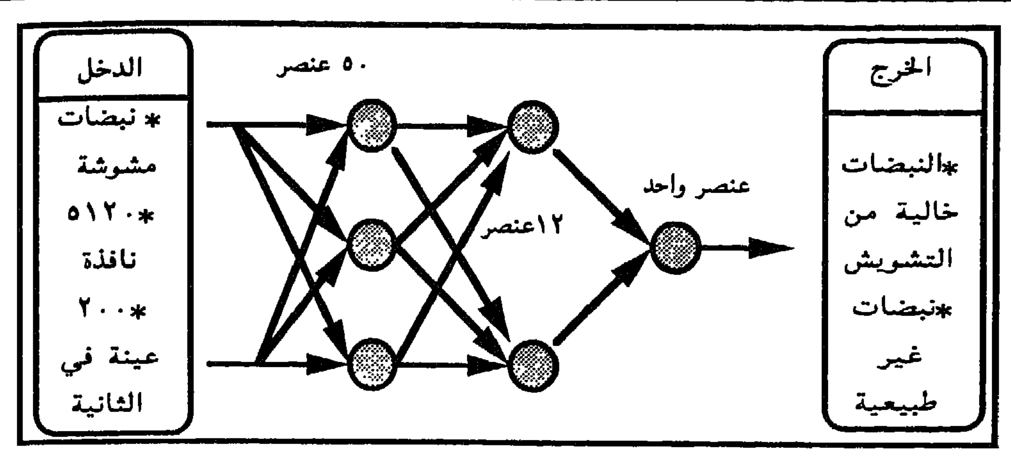


شكل(١٧-١٦)مراحل عمل الشبكة لتخطيط التسويق لشركات الطيران (AMI)

لحظة عن السفر وذلك بعد ان تتدرب الشبكة على قوائم المتخلفين وأسباب التخلف وكيفية تم التصرف فى هذه المشكلة، ثم تقوم بالتوقع بعد ذلك طبقاً للقيم المدخلة لقوائم الحجز. وتظل الشبكة فى تحديث التعلم والتدريب لادخال المتغيرات التى تحدث فى مجال الحجز والتسويق ولقد لاقت الشبكة نجاحا فى التطبيق العملى بشركات الطيران.

(١٧-٦-٣) تنقية رسم القلب الكهربى من التشويش (ECG Noise Filtering)

من المعروف انه يوجد الكثير من الضوضاء الكهربية (Noise) والتشويش عند اجراء الرسم الكهربى لتسجيل نبضات القلب مما يجعل من الصعوبة التحقق الكامل من شكل النبضة الاصلية، ولذلك قامت شركة (Hecht-Neilsen Neurocomputer) الامريكية بتطوير نظام شبكة



شكل(١٧-١٧)-تنقية رسم القلب الكهربي من التشويش

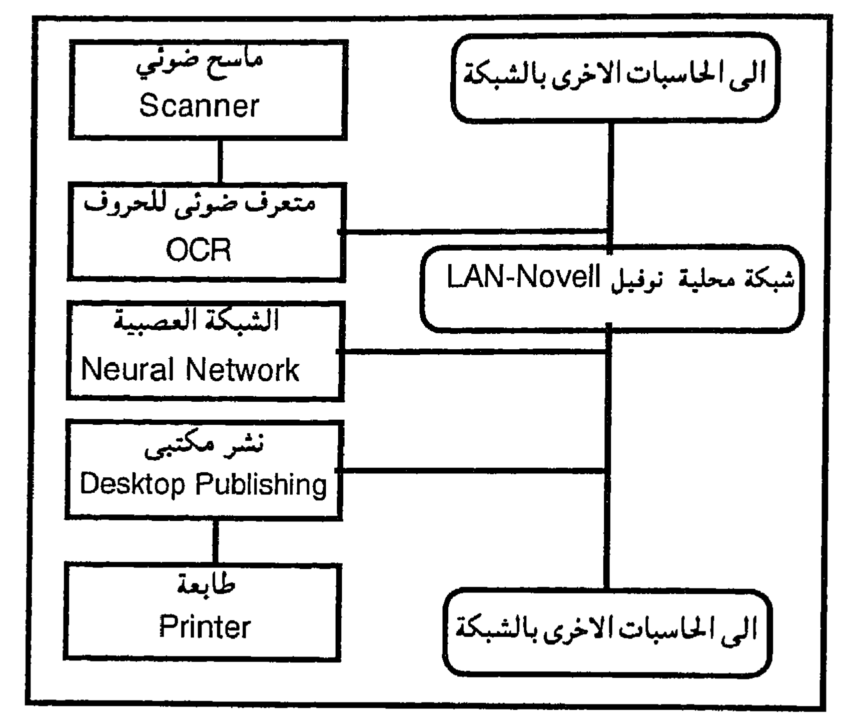
عصبية صناعية تقوم بترشيح وتنقية النبضات من التشويش والحصول على نبضات نظيفة. وتحتوى الشبكة على (٥٠) عنصرا لطبقة المدخل و(١٢) عنصرا للطبقة المختفية وعنصر واحد لطبقة الاخراج، وتستقبل الشبكة (٥٠) جزء من النبضة عند المدخل(نافذة زمنية) لتعطى خرجاً خال من الضوضاء عند المخرج يقابل منتصف النافذة الزمنية، ويعنى ذلك ان الشبكة تأخذ فى الاعتبار الجزء الذى يأتى قبل والجزء الذى يأتى بعد هذا الجزء، وذلك للتأكد من تسلسل النبضة والتخلص من الضوضاء. ولقد تم استخدام ٥١٢٠ نافذة قامت بمسح النبضات المسجلة لقلب حصان واستخدام عينات تبلغ ٢٠٠ عينة فى الثانية وتم اختيارها بدقة لتكون خالية من التشويش ثم تم تعليم وتدريب الشبكة لاستخلاص النبضات بعد اضافة الضوضاء الى المدخل، ولقد فاقت هذه الشبكة عمل المرشحات الخطية المتكيفة (Adaptive Linear Filter) حيث أمكنها العمل اذا بلغت درجة التشويش ٥٠٪. وبإستخدام نفس التقنية قامت شركة نستور(Nestor) بتطوير شبكة لتصنيف النبضات السليمة وإكتشاف اية نبضات غير طبيعية.

(١٧-٦-٤)نظام النشرالالكترونى للبيانات (Electronic Data Publishing System)

يتركب نظام النشر الالكترونى شكل(١٧-١٨) من شبكة محلية نوفيل LAN-Novell مكونة من خادم للملفات و(٣٥) عقدة للاتصال بالحاسبات الاخري ويتركب الجزء الأساسى من:

١ - ماسح ضوئى(Scanner) والذى يقوم بادخال صفحات من الجرائد والمجلات والبحوث والتقارير وماشابه ذلك الى ذاكرة الحاسب، حيث يقوم متعرف ضوئى للحروف (OCR) بالتعرف على الحروف والكلمات، ووضعها كدخل للشبكة العصبية والتى تقوم بالتعرف والتصنيف.

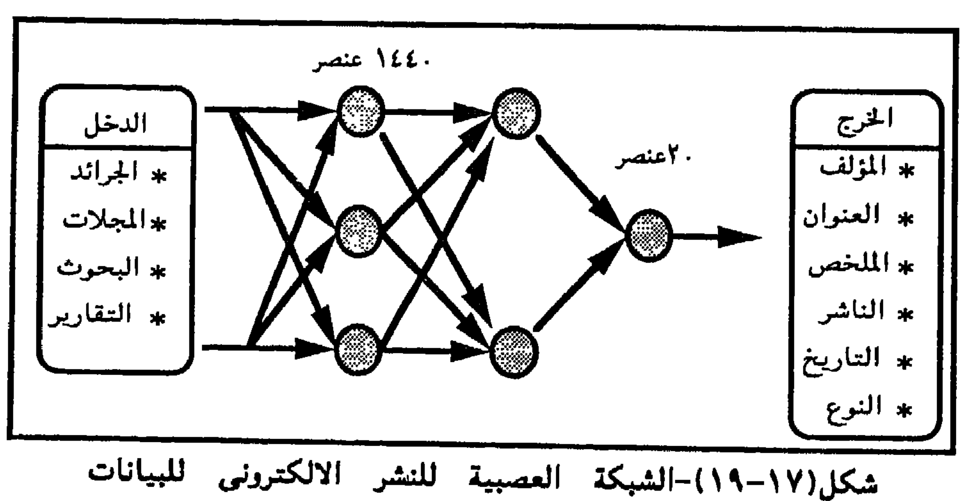
٢ - ولازالة الخطأ فى الكلمات المتشابهة عند القراءة من قبل الشبكة العصبية يستخدم أحد



شكل(١٧-١٨)شبكة محلية للنشرالالكترونى للبيانات

برامج تحويل الكلمات الى مقاطع صوتية (فونيم)مثل خوارزم (Soundex) الذى يوضح الفرق بين الكلمات المتشابهة مثل (Jonson,Johnson,Johnsen) ويؤدى الى الاقلال من عدد المتغيرات عند المدخل للشبكة العصبية.

٣ - وتتكون الشبكة العصبية شكل(١٧-١٩)من (١٤٤٠) عنصرا للادخال و(٢٠) عنصراً



شكل(١٧-١٩)-الشبكة العصبية للنشر الالكترونى للبيانات

للمخرج وتستخدم لوحة الكترونية لتسريع العمليات الحسابية (Accelerator Board)، وتم تعليم الشبكة على كمية من البيانات تبلغ ١٠٠ ميجابايت، وبلغ عدد مرات التعليم والتدريب ١٠٠ مرة وبلغت نسبة التعرف الصحيح ٩٦٪. وتقوم الشبكة بتصنيف البيانات طبقا للنوع والمؤلف والناشر والعنوان والتخصص والتاريخ والملخص وغير ذلك ثم تقوم بإستخدام برامج النشر المكتبى للكتابة ووضع المصنفات داخل نظام قاعدة البيانات من خلال الحاسبات الاخرى فى الشبكة المحلية.

ولقد وفرت هذه الشبكة فى أول شهرين من العمل ٢٠ الف دولار وقامت بمسح ٦٠٠ ميجابايت من المطبوعات الطبية التى تعادل ٢٠٠ الف صفحة .

الفصل الثامن عشر

شبكات كوهنن العصبية ذاتية التنظيم

Kohonen Self-Organising Neural Networks

(١٨-١) التعليم الذاتى (Unsupervised Learning)

كما رأينا سابقاً ان التعليم الموجه (Supervised Learning) من أهم السمات العامة للشبكات العصبية المتعددة الطبقات والتى تعتمد على تقنية الانتشار العكسى او الخلفى للتعليم، والتى بلورها تعتمد على الاستجابة الخارجية (External Response) لمصمم او معلم الشبكة الذى يحاول فى كل دورة تعليم ان يجعل الفرق بين الخرج الحقيقى والخرج المطلوب أقل ما يمكن، والتى أثبتت فى كثير من التطبيقات انها تعتمد على الاسلوب الانسانى للتعليم. ولقد وجد انه من المفيد فى كثير من التطبيقات ان تقوم الشبكة العصبية بتعليم نفسها ذاتياً على التصنيف والتعرف الصحيح وذلك يتطلب ان تتوفر فى الشبكة الشروط الآتية:

١- **الشرط الأول** : هو ان يجرى تعريف مجموعة البصمات التى تعرض عند مدخل الشبكة والتى تشترك فى مجموعة من الملامح والسمات المشتركة (Common Features) على انها تتبع نفس التصنيف لرتبة واحدة (Class Membership).

٢- **الشرط الثانى** : هو ان تكون الشبكة قادرة على تحديد للملامح المشتركة لمجموعة من البصمات التى تعرض عند مدخل الشبكة.

وبذلك يعرف التعليم الذاتى (Unsupervised Learning) بانه التعديل الداخلى للاوزان من قبل الشبكة ذاتها لوضع النموذج الذى يوصف الملامح المثلة للبصمات المدخلة عند إجراء التعليم، وتظهر أهمية التعليم الذاتى فى شبكات كوهنن العصبية ذاتية التنظيم والتى تؤدى الى الحصول على خرائط تقوم بتنظيم نفسها ذاتيا ويطلق عليها خرائط كوهنن ذاتية التنظيم (Kohonen 's self-organising Maps).

(١٨-١-١)فروض التنظيم الذاتى (Self-organisation Concepts)

قام كوهنن (Kohonen) استاذ المعلومات بجامعة هليسنكى بالعمل المكثف فى بحوث الشبكات العصبية الاصطناعية لمدة كبيرة من الزمن وذلك فى مجال الذاكرة المترابطة (Associative Memory) والنمذجة الحسابية للأنشطة البيولوجية العصبية، ولقد تميز عملة بإستحداث نماذج لعمليات التنظيم الذاتى(Self-organising) وطرق التعليم المتكيفة بالمخ الانسانى. ومن المعروف إحتواء المخ الانسانى على مناطق مركزية العمل ومحددة المكان (Localised) ومسؤولة عن اداء بعض المهام مثل مهام التحدث والرؤية والتحكم فى الحركة، كما تتميز هذه المناطق بنشاط محلى (Loca Acticity) ذو تركيز عال.

كما أثبتت الأبحاث الحديثة ان هذه المناطق تحتوى على تركيبات فراغية يتأثر كل منها بمدى

معين من الاستجابة للاشارات المستقبلة من الاعضاء الحسية. مثال ذلك المناطق المسؤولة عن السمع والتى يمكنها تتبع الذبذبات الصوتية من خلال مقياس لوغارتمى حيث يتاثر أحد أطراف هذة التركيبات الفراغية بالذبذبات ذات التردد المنخفض ويتاثر الطرف الاخر بالذبذبات العالية التردد، وبذلك يمكن التعرف والاحساس بأى تردد بينهما.

ولقد تم اقتراح فكرة التنظيم الذاتى فى عام ١٩٧٣ من قبل العالم فون درمالسبرج والتى تبعها اقتراح نماذج تعمل بالتنظيم الذاتى والتى اعتمدت على بعض الأسس البيلوجية التى تشير الى وجود خاصية الاختيار لبعض النيورونات. مثال ذلك خاصية التأثر بشدة الضوء وكذلك حافة الاتزان فى المنطقة الخاصة بالرؤية، وكما تم ذكره من قبل ان عملية التعليم فى النظم البيلوجية تعتمد إعتمادا اساسيا على الضبط والتكيف الكميائى لتعديل شدة تأثر المداخل العصبية عند الاتصال بالمشابك. ومن الاقوال المأثورة لمنسكى مايلى:

" اذا كان المخ الانسانى بسيط العمل والتركيب فانه يكون من البساطة ان نتفهمه"

ولقد ذكر منسكى كذلك انه يوجد اكثر من ٤٠٠ معمارية مختلفة داخل المخ الانسانى، ولقد اعتمد كوهونن على ذلك عندما قام باستحداث واستنتاج خوارزم التعليم للتنظيم الذاتى. ولقد اعتمد الخوارزم المقترح على الفرض الاساسى الذى ينص علي قيام المخ الانسانى بالتخطيط والتمثيل الفراغى الداخلى(Spatial Mapping) وذلك لوضع النماذج لتمثيل تراكيب البيانات المعقدة .

ومن أهم خواص هذا الخوارزم مايلى:

١ - ضغط البيانات (Data Compression) من بيانات متعددة الابعاد (Multi-dimensional) الى بيانات ذات بعدين (Two-dimensional) حيث يجرى توزيع النيورونات فى طبقة واحدة ذات بعدين، بحيث يكون هناك تغذية عكسية جانبية، تكون لها القدرة على التعامل مع بيانات ذات أبعاد متعددة.

٢ - استخدام تقنية التوزيع الكمى للمتجهات (Vector Quantisation) وذلك لخزن البيانات فى الشبكة والتى تساعد على التمثيل الفراغى لبيانات متعددة الابعاد فى بعدين فقط.

(١٨-١-٢)شبكة كوهنن ذات البعدين (Two-dimensional Kohonen's Network)

يتركب الشكل العام لشبكة كوهنن والمبين فى شكل (١٨-١) من الاتى:

١ - طبقة واحدة ممتدة فى بعدين، ويلاحظ الاختلاف الواضح بين تركيب هذه الشبكة وبين الشبكة متعددة الطبقات من حيث عدم وجود الطبقات الثلاث(المدخل والمختفية والمخرج) بل يجري توزيع العناصر الحسابية على مسطح فى بعدين.

٢ - يجرى توصيل جميع المداخل من عناصر المدخل الى كل العناصر الحسابية فى المسطح ذو البعدين.

٣ - تقتصر التغذية العكسية على التوصيل الجانبى بين العناصر الحسابية الاقرب فقط .

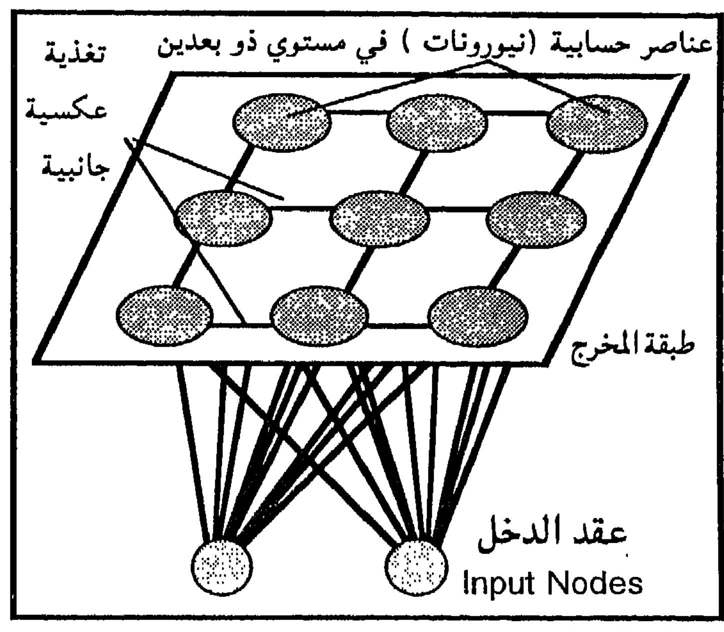
٤ - لايوجد للطبقة مخرج معين ولكن يتم اعتبار أى عنصر من العناصر فى المسطح كوحدة اخراج.

٥ - يطلق على هذا التركيب اسم خرائط الملامح لكوهنن (Kohonen Feature Map) حيث انه يمكن خزن الملامح فى هذا التركيب الفراغى على شكل متجهات.

(١٨-٢) خوارزم كوهنن للتعليم الذاتى (الغير موجه)

(Kohonen's Algorithm for Unsupervised Self-organised Learning)

يعمل خوارزم كوهنن للتعليم الذاتى على تنظيم العناصر الحسابية فى المستوى المسطح للطبقة الثنائية الابعاد بحيث تصبح منطقة جوار(Neighbourhood) تقوم بالعمل كمصنف لملامح البيانات المدخلة (Feature Classifier) وذلك بمقارنة بيانات المتجه الذى يتم ادخاله والممثل لبصمة معينة مع متجه مخزون فى العناصر الحسابية لطبقة الاخراج وعند حدوث التطابق والمواءمة بين المتجهين فان العنصر الفائز سوف يقوم بنقل خواص المتجه المخزون منخلال خوارزم التعلم الى العناصر القريبة فى الجوار وبذلك تتحول طبقة الاخراج الى خريطة للملامح من خلال التعليم والتنظيم الذاتى.



شكل(١٨-١)-شبكة كوهنن ذات البعدين
(Two-dimensional Kohonen's Network)

ويشتمل الخوارزم علي الخطوات التالية:

١ - تنشيط الشبكة وذلك بفرض ان قيم الاوزان هي $W_{ij}(t)$ وذلك في المدى $(0 \leq i \leq n-1)$ على ان تكون هذه الاوزان من العنصر i الى العنصر j وذلك عند زمن t شكل(١٨-٢) وذلك كمايلي:

(أ) يتم فرض قيم عشوائية صغيرة لعدد n من المداخل لكل عنصر حسابي.

(ب)يتم تعيين واختيار دائرة الجوار حول عنصر j ليضم مساحة كبيرة ويرمز لهذا الجوار الابتدائي بالرمز $N_j(0)$

٢ - يتم تعيين قيم المداخل في الصورة : $x_0(t), x_1(t), x_2(t), \ldots, x_{n-1})$

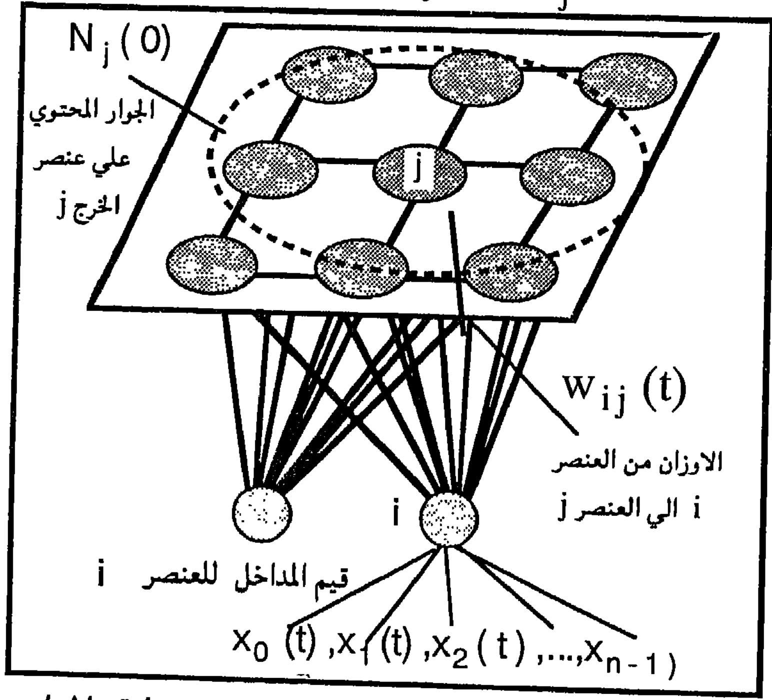
حيث $x_i(t)$ هي قية المدخل لعنصر المدخل i عند الزمن t .

٣ - يتم حساب المسافة dj بين المدخل وكل عنصر من عناصر المخرج j كما في شكل (١٨-٣) كالاتي:

$$d_j = \sum_{i=0}^{n-1} (x_i(t) - w_{ij}(t))^2$$

٤ - يتم تحديد اقل مسافة وتعيين عنصر المخرج الذى يقع على هذه المسافة وليكن j^* .

٥ - يتم ضبط الاوزان للعنصر j^* وكذلك لجميع العناصر في الجوار الذى يحتوى على هذا العنصر



شكل(١٨-٢)- تنشيط الاوزان واختيار منطقة الجوار

الفائز، والذى يرمز له بالرمز $N_{j^*}(t)$ وتصبح الاوزان الجديدة كمايلى:

$$w_{ij}(t+1) = w_{ij}(t) + \eta(t)\,(x_i(t) - w_{ij}(t))$$

وذلك للعنصر j فى الجوار $N_{j^*}(t)$ ، مع العلم بان $(0 \le i \le n-1)$

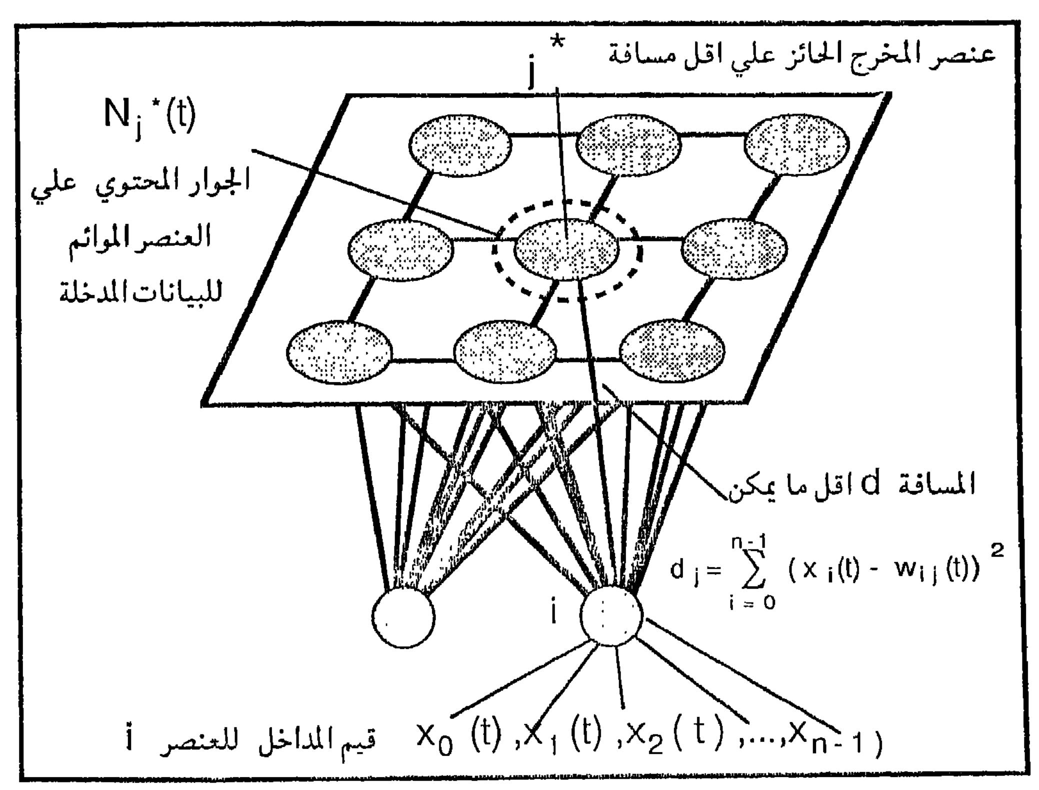
حيث يمثل المعامل $\eta(t)$ معاملا للمكسب (Gain) والتى تنحصر قيمته بين الصفر والواحد الصحيح والذي تقل قيمته مع كل دورة ضبط للاوزان.

٦ - يلاحظ ان دائرة الجوار تقل فى المساحة لتشمل اقل عدد من العناصر التى تتشابه وتتوائم مع بيانات وملامح مدخل معين وبذلك أمكن انشاء منطقة او جوار نشط متشابه.

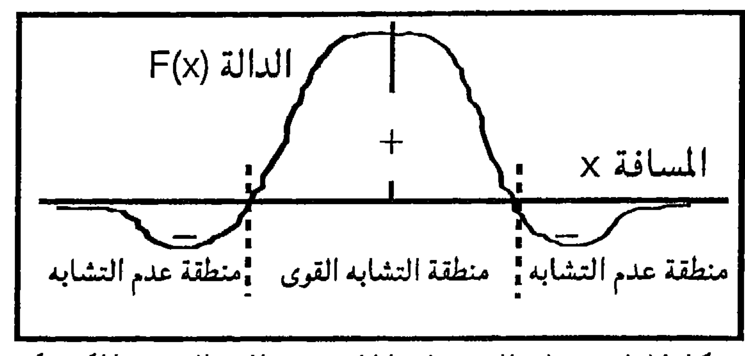
٧ - يجرى تكرار الخطوات من الخطوة (٢)لادخال بيانات اخرى.

(١٨-٢-١)التوصيل التبادلى الجانبى (Lateral Interconnection)

لقد بنى كوهنن معظم أفكاره على ما يحدث فى المخ الانسانى من وجود مناطق محددة ذو نشاط خاص كما أوضحنا قبل ذلك، ولنا ان نتساءل كيف تؤثر المسافة الجانبية او التوصيل الجانبى



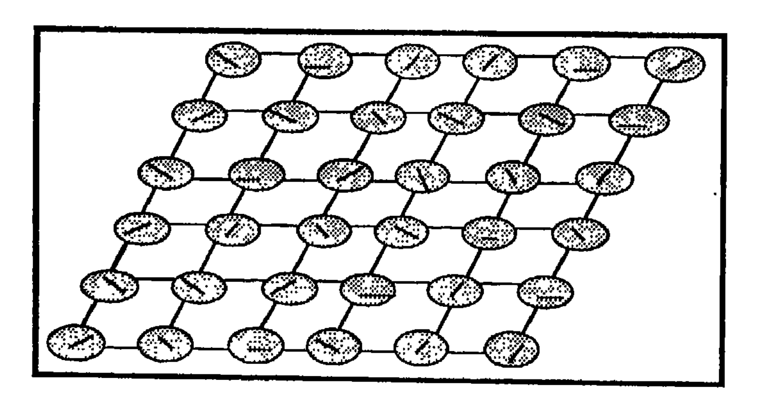
شكل(١٨-٣)- تحديد العنصر الموائم (الفائز) ومنطقة الجوار المثلى



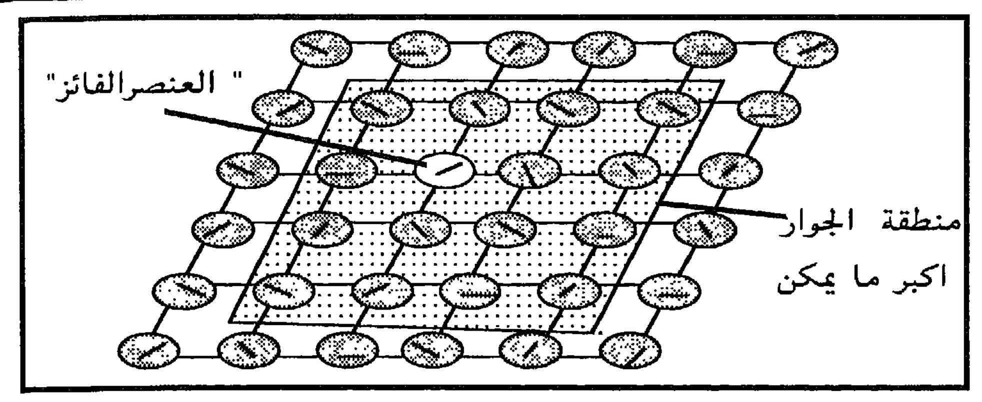
شكل(١٨-٤) التوصيل الجانبى ودالة القبعة المكسيكية

على قدرة التوصيل للنيرون وتقول احد الفروض انه يمكن تصوير ووصف دائرة النشاط فى المخ الانسانى بدالة القبعة المكسيكية ((F(x)) والمبينة فى شكل (١٨-٤) حيث تتكون منطقة النشاط من الخلايا القريبة من النيرون النشط وذلك نظرا لقوة الترابط ثم يتلاشى النشاط مرة واحدة بعد ذلك حيث يؤدى الترابط الضعيف الى خلق مناطق عدم نشاط على مسافة ليست بعيدة من بؤرة النشاط الاصلى ويساعد هذا الفرض على تفهم كوهنن لعمل منطقة الجوار عند تنفيذه لخوارزم شبكته ذات التعلم والتنظيم الذاتى.

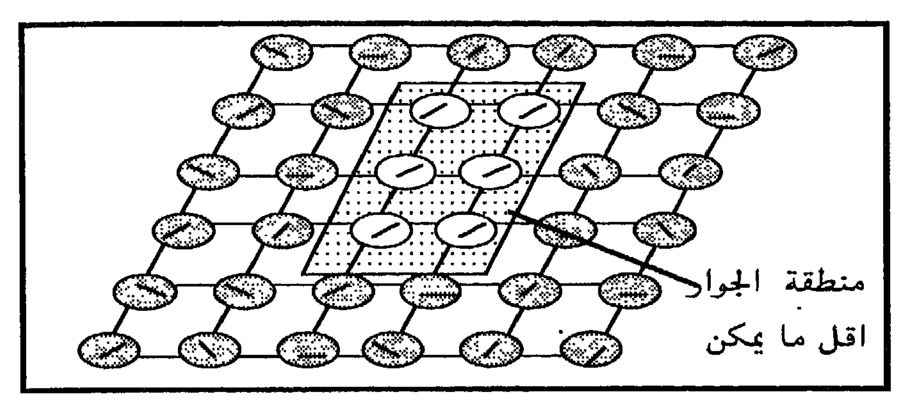
من الواضح ان خوارزم هذة الشبكة يتميز بالسهولة نظرا لسهولة قاعدة التعليم حيث لايتطلب اجراء عملية التفاضل كما هو معروف فى خوارزم الشبكة المتعددة الطبقات، بل يبدأ تحديد اوزان عشوائية وذات قيم صغيرة لجميع الوصلات بين الداخل والعناصر الحسابية وبذلك يكون هناك متجه وحيد لكل عنصر يمكن خزنة داخل هذا العنصر كما هو مبين فى شكل (١٨-٥)-أ ، وتبدأ عملية التعليم بمقارنة جزء من بيانات البصمة المدخلة ومقارنتها بالمتجهات



شكل(١٨-٥)أ تحديد الاوزان عشوائيا وخزن المتجهات فى العناصر



شكل(١٨-٥) ب تحديد " العنصر الفائز"



شكل(١٨-٥)جـ العناصر المجاورة ذات اوزان متشابهة محاطة بمنطقة عدم تشابه مثل القبعة المكسيكية

المخزونة داخل هذه العناصر كل على حدة الى ان يتم الوصول الى " العنصر الفائز" وهو العنصر الذى يحتوى على متجه مشابه او قريب الشبه ببيانات متجه المدخل، ثم يقوم العنصر الفائز بعملية ضبط لقيمة الاوزان المخزونة به مع بيانات المدخل حتى يصبح مثله تماما، وبذلك يعطى هذا العنصر استجابة كاملة للتعرف على هذه البيانات عند عرضها مرة ثانية كما هو موضح فى شكل (١٨-٥) - ب.

ثم يجرى تعديل الاوزان للعناصر المجاورة لهذا العنصر لتاخذ الاتجاه للعنصر الفائز تقريبا، والذى يعنى ان العناصر المجاورة سوف تقوم بعمل المتوسط للمتجه الفائز، وبذلك يمكن للشبكة ان تتعرف على حالات قريبة الشبه من الحالات المدخلة حتى اذا لم تكن تعلمت عليها قبل ذلك شكل (١٨-٥) -جـ.

(١٨-٣)التعليم بإستخدام التوزيع الكمى للمتجهات

(Learning by Vector Quantisation (LVQ))

لقد قام كوهنن بتطوير طريقة التعليم باستخدام التوزيع الكمى للمتجهات والتى تعتبر طريقة للضبط الدقيق لتعليم خريطة الملامح للوصول الى التعرف الامثل، وقد تنشأ بعض الظروف التى تتطلب اضافة متجه معين يساعد من كفاءة التعرف لاحد المناطق المعينة فى جوار معين، ولتنفيذ ذلك يمكن اتباع الخطوات الاتية :

١ - يتم اختيار متجه معين معروف التصنيف وليكن (x) .

٢ - يجري تعريض هذا المتجه عند مدخل الشبكة العصبية وذلك لاكتشاف دقة التعرف والتصنيف .

٣ - لنفرض ان العنصر الحسابي الفائز عند اجراء المقارنة والذي يتواءم مع المتجه المخزون به مع المتجه المعروض عند المدخل هو العنصر (n_w) .

٤ - يجرى تعديل الوزن بالنسبة للعنصر الفائز وذلك طبقا للقاعدة الآتية :

أ - يكون التعرف والتصنيف صحيحا اذا توفرت القاعدة :

$$n_w(t+1) = nw(t) + \eta(t)\,[x(t) - nw(t)]$$

حيث يقوم الحد $\eta(t)$ بالتحكم فى معدل الضبط كما يحدث تماما فى احدى دورات التعليم ويمكن الاستعانة بهده الطريقة لاضافة متجهات عند تطوير نظم التعرف على التحدث مثلا وذلك لضبط الأصوات الجديدة لمستخدمين جدد.

ب- يكون التعرف غير صحيحا اذا توفرت القاعدة:

$$n_w(t+1) = nw(t) - \eta(t)\,[x(t) - nw(t)]$$

(١٨-٤)بعض تطبيقات شبكات التعليم والتنظيم الذاتى

(١٨-٤-١)النشر المكتبى باستخدام الصوت

(Phonetic Word- processing)

قام كوهنن بعمل تجربة تطبيقية ناجحة باستخدام شبكته ذات التعليم والتنظيم الذاتى فى مجال التعرف على الحديث والكلام والذى يعتبر من المجالات المعقدة نسبياً نظراً لكونها معالجة للتعرف والتصنيف فى الزمن الحقيق (Real Time) وذلك لاثبات صحة وكفاءة كل من خوارزم التعليم الذاتى باستخدام التوزيع الكمى للمتجهات (LQV) وتقنية انشاء خرائط التعرف (Feature Map Techniques) .

ولقد حالفه الحظ في اختيار هذا التطبيق الذي يعتبر تحدياً حقيقياً حيث يتطلب تطوير واستحداث خريطة تكون قادرة على التعرف على الملامح الصوتية التي تحتوى على جميع الفونومات الصوتية التي تختلف عن بعضها البعض اختلافاً كبيراً.

ومن المعروف ان التعرف على الحديث بالنسبة للانسان العادى يحتاج الى الكثير من المعارف مثل معرفة سياق الكلام (Context) والاستدلال (Inference) والاعراب (Parsing) والتوقع لما يمكن ان يقوله المتحدث (Extrapolation) وقواعد النحو (Syntactic Rules) كمايتفوق الانسان في التعرف الصوتي حتى في وجود تشويش وضوضاء عالية. ومن ناحية التحليل الالكتروني للاشارات الصوتية والفونومات فان التردد والشدة الصوتية تختلف من متكلم الى آخر وحتى للمتكلم نفسة فقد تختلف هذه الخواص وقد تتداخل الخواص الترددية للفونومات. ولقد امكن كوهنن من التغلب على كثير من العقبات لبناء الآلة الكاتبة التي تعمل بالصوت (Phonetic Typewriter) وذلك من خلال الاملاء، ويبين شكل (١٨-٦) تفاصيل هذا النظام والذى يعتبر نظام خبرة يعتمد على القواعد حيث تقوم فيه الشبكة العصبية بالعمل الاساسي للتصنيف والتعرف. وقد اعتمد هذا النظام كذلك على التحليل الالكتروني للموجات الصوتية باستخدام التقنية الرقمية ويتركب النظام من:

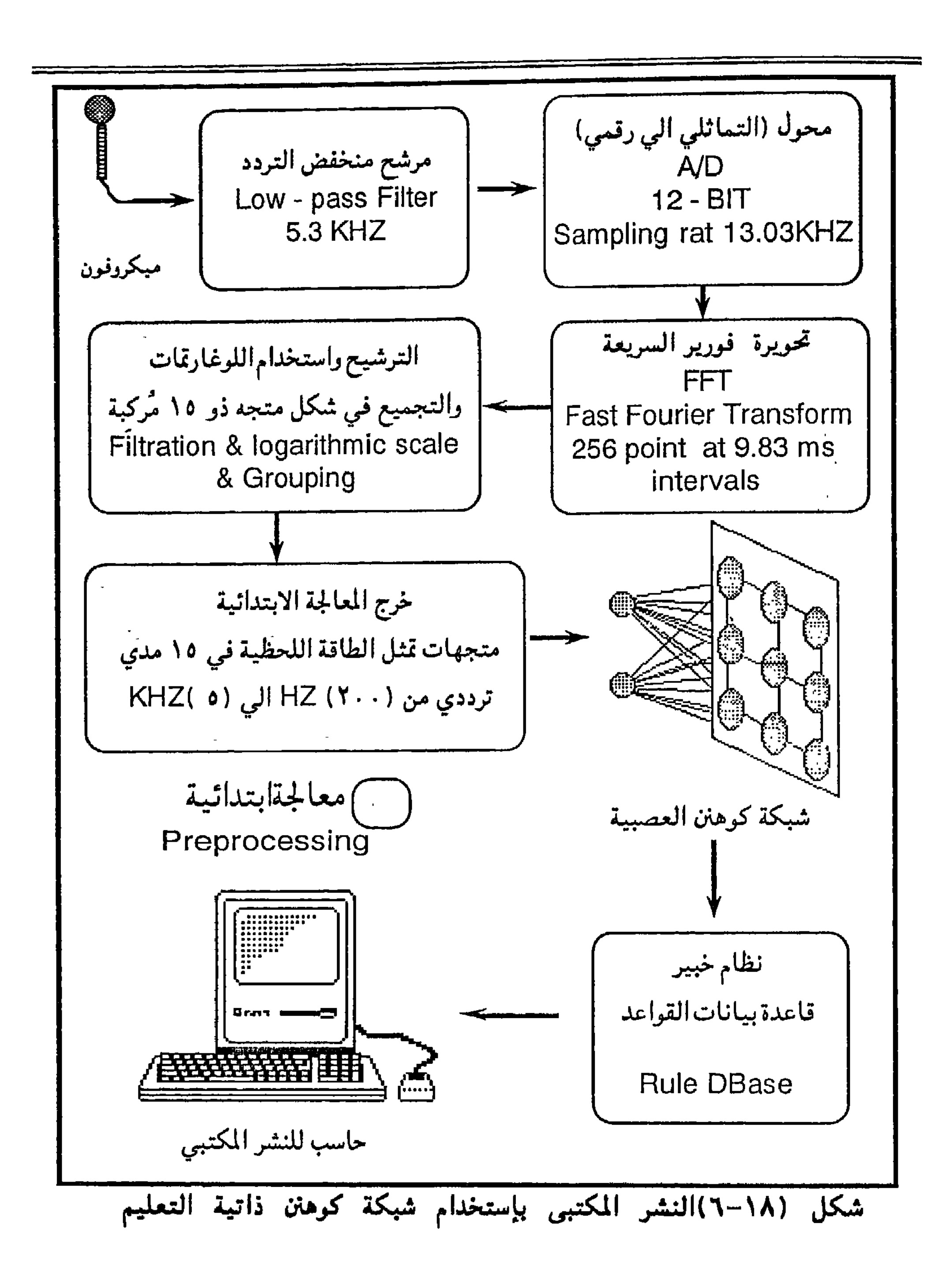
أ- **المعالجة ابتدائية** (Pre processing) والتى تشمل الخطوات الآتية :

١- **الترشيح** : يتم ترشيح الاشارات المستقبلة من الميكروفون باستخدام مرشح منخفض التردد (Low - pass Filter) 5.3 KHz

٢- **التحويل من تماثلي الى رقمي** : وذلك باستخدام محول ١٢ بت التماثلي الى رقمي (A/D 12 - BIT) والذى يقوم بتقطيع الاشارة الى عينات تبلغ معدلها ١٣٠٣٠ عينة في الثانية (Sampling rat 13.03KHZ) .

٣-**تحويرة فورير السريعة** ((Fast Fourier Transform (FFT)) : وباستخدام هذه التحويرة يمكن حساب عدد ٢٥٦ نقطة من البيانات الرقمية الخارجة من المرشح وذلك على مسافات زمنية تبلغ ٩,٨٣ م.ثانية (256 point at 9.83 ms intervals)

٤ - **الترشيح واستخدام اللوغارتمات والتجميع** (Filtration & logarithmic scale & Grouping) وتشمل هذه الخطوة ترشيح الخرج من تحويرة فورير السريعة وتحويلها تحت مقياس لوغارتمى ووضعها في شكل متجهات تبلغ عدد مركبات كل متجه ١٥ مُركبة تمثل الطاقة اللحظية في عدد ١٥ مدى ترددى من ٢٠٠ (HZ)



شكل (١٨-٦) النشر المكتبى بإستخدام شبكة كوهنن ذاتية التعليم

الى ٥ (KHZ)، كما تم اضافة المركبة السادسة عشرة لكل متجه والتي تشمل معلومات عن الاشارة مثل الجذر التربيعي لمتوسط مجموع مربع السعات للاشارة.

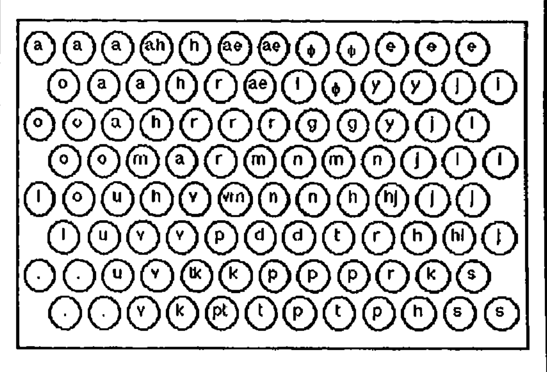
ب - التعليم الذاتى للشبكة :

كما رأينا فى المعالجة الابتدائية ان الصوت قد تم توزيعه كمياً وتحويلة الى متجهات تحمل الملامح ذات (١٦) مركبة حيث يمكن اعتبار هذا المتجه كجزء متناهى الصغر من شكل الحديث والذى يحمل صفاته الترددية. ولقد تم تعليم الشبكة للتعرف على هذه المتجهات والتى توصف الفونومات، وتم استخدام عدد ٥٠ عينة لكل فونم لكى تتعلم الشبكة، ولقد حصل كوهنن على مايسمى بالخريطة الصوتية والمبينة فى شكل (١٨-٧).

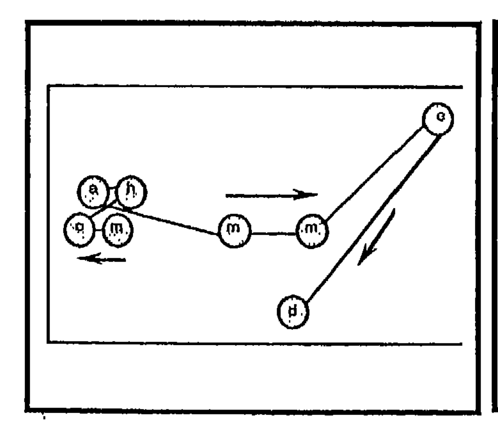
ويبين شكل (١٨-٨) تمثيل لاستخدام الخريطة الصوتية لبيان كيف يمكن التعرف على كلمة محمد باللغة الانجليزية، ولقد اقترح كوهنن انه يمكن استخدام هذه الطريقة لتعليم المصابين بداء الصمم.

جـ - المعالجة النهائية (Post Processing)

تعتبر عملية الترجمة من التعرف الصوتى للمتحدث الى الكتابة على الحاسب هى طور المعالجة النهائية، وذلك باستخدام نظام خبير يعتمد على القواعد، والذى يقوم باعطاء النحو الصحيح المقابل للفونومات المستقبلة من المتحدث بعد التعرف الصوتى عليها. ولقد احتوى هذا النظام على عدد من القواعد يتراوح بين ١٥ الى ٢٠ الف قاعدة، والتى اعتمدت أساسا على حساسية السياق (Context Senstivity) للفونيمات. ولقد اعتمد كوهنن على استخدام قاعدة بيانات تم استحداثها من الأمثلة لبيانات الحديث الحى المعتمد على النطق والكتابة للفونيمات الصحيحة. ولقد بلغت سرعة الكتابة على الحاسب ١٠٠ كلمة فى ١٠ دقائق، وذلك باستخدام حاسب شخصى والاستعانة بمعالج رقمى للاشارات (TMS32010) لتحليل الصوت.



شكل (١٨-٧) الخريطة الصوتية لكوهنن





شكل (١٨-٨) التعرف على كلمة محمد

الفصل التاسع عشر

شبكات هوبفيلد العصبية
ذات الاتصال الكامل

Hopfield Fully-Connected
Neural Networks

(١٩-١) شبكات هوبفيلد (Hopfield Networks)

قام هوبفيلد منذ عام ١٩٨٠ بدراسة مكثفة للشبكات العصبية الاصطناعية ذاتية الترابط (Autoassociative Nets) والتى اعتمدت أساسا على ربط بارامترات الشبكة بدالة الطاقة (Energy Function) والنظم الفزيائية (Physical Systems) الاخرى.

(١٩-١-١) تركيب(معمارية) الشبكة (Network Structure)

تتركب الشبكة من عدد من العناصر الحسابية بحيث يتصل كل عنصر بجميع العناصر الاخرى (Fully Connected Network) ويبين شكل (١٩-١أ) طريق توضيح الاتصال الكامل بين العناصر المختلفة، كما يوضح شكل (١٩-١ب)طريقة اخرى لتوضيح الاتصال الكامل بين هذه العناصر.ومن أهم خصائص الشبكة مايلى:

١ - تتماثل وتتساوى الاوزان بين كل عنصرين اى ان ($w_{ij} = w_{ji}$) ولذلك يطلق على هذه الشبكة " **الشبكة ذات الاوزان المتماثلة** " (Symmetrically-Weighted Network).

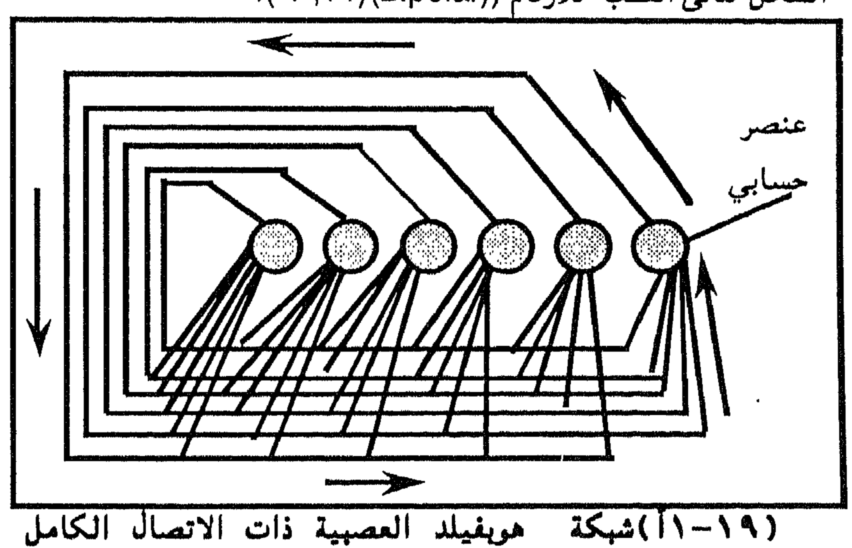
٢ - يجري تطبيق قواعد النيرون المفرد على عناصر هذه الشبكة من حيث المجموع الموّزن والدالة الحدية العتبية الشكل (Threshold Step - Function).

٣ - يقوم كل عنصر علي حدة بحساب المجموع الموزن للمداخل وطرح القيمة الحدية من ذلك المجموع وتطبيق الدالة العتبية على الناتج وذلك لتحديد قيمة الخرج.

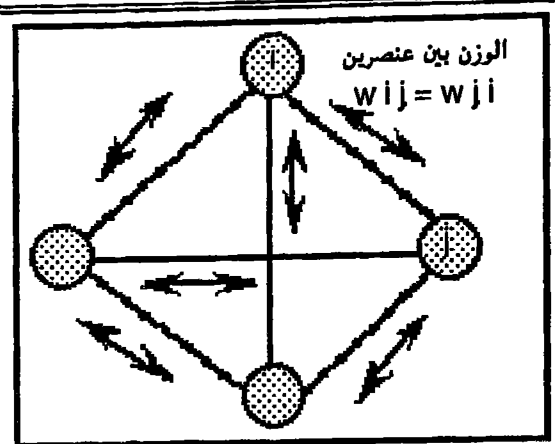
٤ - تقبل الشبكة دخلا فى أحد الشكلين:

أ - الشكل الثنائى للأرقام ((0-1)Binary).

ب- الشكل ثنائى القطب للأرقام ((Bipolar)(1+, 1-).



(١٩-١أ)شبكة هوبفيلد العصبية ذات الاتصال الكامل



(١٩-١ب) توضيع الاتصال الكامل لشبكة هوبفيلد العصبية

مع ملاحظة ان الشكل الثنائى القطب يسهل عملية اجراء الحساب.

٥ - لايتم تخصيص عنصر للمدخل ولا عنصر للمخرج كما هو واضح فى الشكل (١٩-١) حيث تتشابه العناصر مع بعضها البعض حيث تعتبرهذه الظاهرة من سمات شبكة هوبفيلدالكاملة الاتصال.

من الواضح ان تركيب ومعمارية الشبكة يختلف اختلافا اساسيا عن التركيب والمعماريات للشبكات الاخرى، وبذلك يكون من المتوقع ان تكون طريقة عمل هذه الشبكة مختلفاً كذلك.

ويمكن تلخيص خطوات العمل للشبكة فى الخطوات التالية :

١ - يجرى ادخال قيم المداخل التى تتراوح بين (1+,1-) لجميع العناصر فى نفس الوقت .

٢ - تترك الشبكة لتقوم بعمل دورة حسابية (Cycle) حيث تمر بعدد من الحالات المتتالية والتى تعتبر أوضاع غير مستقرة الى ان تصل الى وضع مستقر (Steady State) يمثل الحل المناسب حيث يطلق على هذا الوضع ان الشبكة قد وصلت الى حالة التجمُّع (Convergence) وذلك لثبات القيم الحسابية للعناصر.

٣ - تعتبر القيم المخزونة بجميع بالعناصر هى قيم الخرج المطلوب.

(١٩-٢) سلوك الشبكة ذات الاتصال الكامل

(Behaviour Of Fully Connected Network).

يمكن وصف السلوك العام للشبكة فى البنود التالية:

١ - تؤثر خاصية الاتصال الكامل للشبكة (Fully Connected Network) على سلوك الشبكة، حيث تقوم القيمة الموجودة بكل عنصر حسابى من التاثير على جميع القيم الحسابية للعناصر الاخرى.

٢ - تبدأ الحالة الابتدائية الغير مستقرة للشبكة بوجود مجموعة من القيم المختلفة بالعناصر

Converted by Tiff Combine - (no stamps are applied by registered version)

الحسابية التى تحاول ان تؤثر علي بعضها البعض، وبذلك يكون كل عنصر واقع تحت تأثير قيم تعمل على تحويله الى الحالة النشطة (on) مثلا بينما تعمل قيم اخرى على تحويله الى حالة الخمود (off).

٤ - تستمر الشبكة فى العمل المتتالى بين الرفع والخفض الي ان تصل الى حالة من الثبات، حيث تثبت القيم لكل عنصر، وذلك يؤكد انه قد تم الوصول الى توازن بين عدد العناصر التى تحاول ان تجعل هذا العنصر نشطا وبين العدد الآخر الذى يحاول ان يجعله خامداً.

٥ - يجب ملاحظة ان طريقة تعليم شبكة هوبفيلد تختلف جوهرياً عن طريقة تعليم الشبكة المتعددة الطبقات وذلك بناءاً على نوعية التركيب، حيث تعمل جميع العناصر فى اول الامر كعناصر للادخال ثم تصبح عناصر للاخراج ثم تستمر فى العمل بين الادخال والاخراج حتى يتم الحصول على الخرج المطلوب.

(١٩-٣) خوارزم هوبفيلد للشبكات ذاتية الترابط

(Hopfield 's Algorithm for Autoassociative Network)

يمكن تلخيص خطوات خوارزم هوبفيلد للتعلم للشبكات ذاتية الترابط فى الخطوات الآتية:

١ - نفرض ان هناك عدد (M) من البصمات التى تبدأ من الرتبة (s=0) الى الرتبة (s =M-1)، وان حد الاثارة لجميع العناصر هو الصفر.

٢ - نفرض(x^s_i) هو الجزء من البصمة فى الرتبة (s) والتى تاخذ احدى القيم (1 -) او (1 +)

٣ - وعلى ذلك يمكن حساب الاوزان للوصلات (Connection Weights) فى الصورة الآتية:

$$W_{ij} = \begin{cases} \sum_{s=0}^{M-1} x_i^s x_j^s & i \neq j \\ 0 & i = j,\ 0 \leq i.\ j \leq M-1 \end{cases}$$

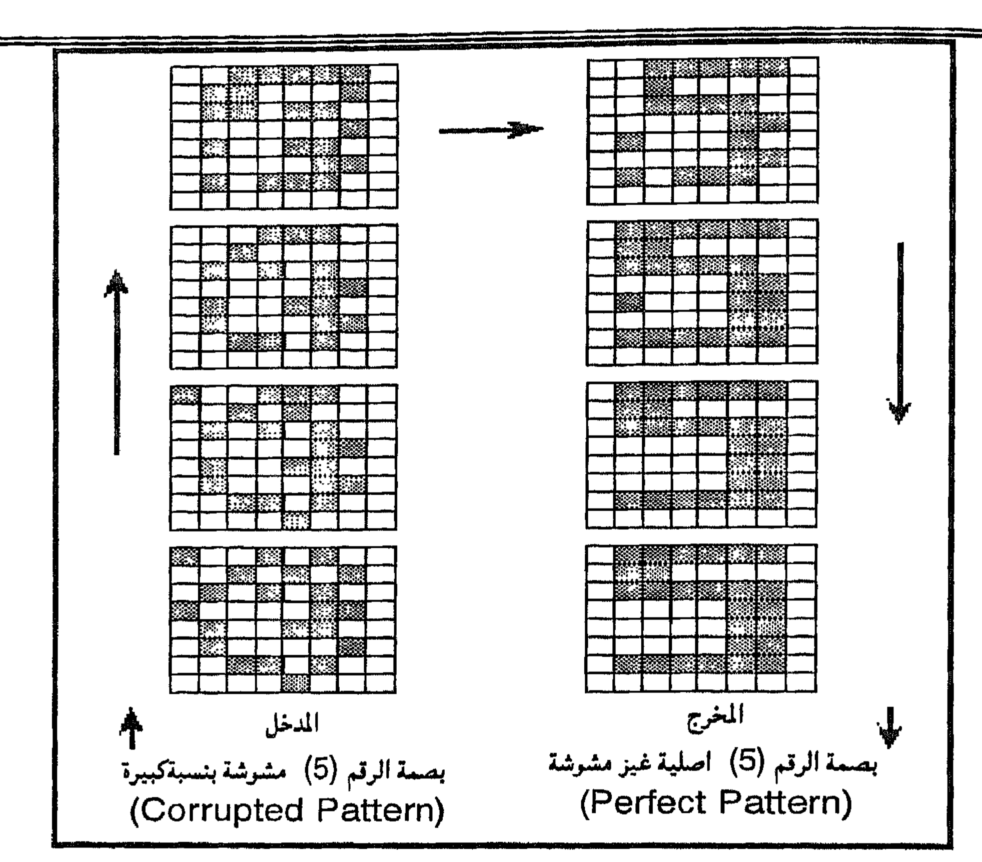
حيث W_{ij} هو وزن الوصلة بين العنصرين (i) و (j).

٤- إبدأ بالتنشيط لبصمة غير معرفة فى الشكل : $\mu_i(0) = X_i$

حيث $0 \leq i \leq N-1$ وكذلك $\mu_i(0)$ و $\mu_i(t)$ هى قيم المخرج من العنصر (i) عند الزمن (0) والزمن (t).

٥- يتم ضبط قيم الخرج عدة مرات الي ان يثبت عند قيمة واحدة وذلك باستخدام العلاقة الآتية:

$$\mu_i(t+1) = f_h \left\{ \sum_{i=0}^{N-1} W_{ij}\, \mu_j(t) \right\} \quad 0 \leq j \leq N-1$$



(١٩-٢) خاصية الترابط الذاتى لشبكات هوبفيلد

(Autoassociative Property for Hopfield 's Network)

حيث (f_h) تعبر عن الدالة الحدية العتبية الشكل (Threshold Step - Function).

ومن الملاحظ ان مرحلة التعليم هى المرحلة التى يتم فيها ضبط الاوزان بين العناصر على بصمة معروفة الى ان تثبت قيم المخرج عند اجراء الضبط مرة اخرى، وتعتبر مرحلة التعرف هى المرحلة التى يتم فيها عرض بصمة غير معروفة، حيث تقوم الشبكة بمحاولة ضبط نفسها عدة مرات الى ان تصل الى حالة التعرف وذلك عند ثبات القيم عند المخرج حيث يقال ان الشبكة قد تجمعت وصلت الى الحل.

ويمكن تفسير وصف الشبكة بانها ذاتية الترابط (Autoassociative) كمايلى:

ان الشبكة قادرة على اعطاء بصمة اصلية سليمة (Perfect Pattern) غير مشوشة عند المخرج اذا تم ادخال نفس البصمة مشوشة (Corrupted Pattern) عند المدخل كما هو واضح فى الشكل (١٩-٢) حيث يبين ان البصمة المدخلة للرقم (5) والمشوشة بشكل كبير يصعب على الانسان تصوره من أول وهلة، الا ان الشبكة سوف تمر بعدة مرات من الضبط حتى تصل الى

البصمة الغير مشوشة والمخزونة بداخلها قبل ذلك، ولذا فان عمل الشبكة يماثل عمل الذاكرة المعنونة (Content - Addressable Memory) حيث يمكن للانسان الحصول على محتوياتها من خلال العنوان الخاص بها.

(١٩-٤)مستويات الطاقة لشبكات هوبفيلد

(Energy Landscape for Hopfield 's. Network)

يمكن تفهم طريقة عمل الشبكات العصبية ذاتية الترابط وذلك من خلال الإستعانة بما يسمى بمستويات الطاقة (Energy Landscape) والذى يعطى تصور لسلوك الشبكة من خلال تمثيل جميع الحالات الممكنة للقيم التى يمكن لدالة الطاقة ان تأخذها، وبذلك يمكن الحصول على مسطح يمثل مستويات الطاقة حيث تمثل القمم (Hills) الحالات البعيدة عن اتزان الشبكة وتمثل القيعان (Basins) الحالات القريبة من الاتزان للشبكة ويكون هناك قاع واحد (Bottom) تكون قيمة الطاقة اقل مايمكن والذى يمثل حالة الاتزان للشبكة (Stable State) والذى يعرف ببئر الاتزان. ولنا ان نتصور مستويات الطاقة فى شكل قطعة من الارض التى تحتوى على قمم وأخاديد، ويجرى تمثيل دالة الطاقة للشبكة بكرة صغيرة وان هذه الكرة تبحث عن الاستقرار فى أعمق أخدود ممكن والذى يمثل الحل وان عملية التعليم هى محاولة وضع الكرة فى هذا الاخدود وذلك بالسير فى اتجاهه وبالعمل على تقليل قيمة دالة الخطأ الى أقل مايمكن.

ويمكن تفهم هذا الوضع بالتفصيل كمايلى:

١ - كما ورد سابقا فى الشبكات العصبية المتعددة الطبقات من حساب دالة الخطا فى الشكل:

$$E = \frac{1}{2} \sum (t_{pj} - o_i)^2$$

والتى تعتمد على المعرفة التامة بالخرج المستهدف او المطلوب وكذلك الخرج الحقيقى فى كل دورة تعليم والتى تناسب تركيب ومعمارية هذه الشبكات .

٢ - قد يختلف الوضع بالنسبة للشبكات ذاتية الترابط لهوبفيلد حيث تقوم الشبكة باتخاذ الخطوات المناسبة فى اتجاه الوصول الى الحل ونظرا لعدم امكانية تطبيق دالة الطاقة المذكورة اعلاه لعدم مناسبتها لهذا النوع من الشبكات فانه يجرى تعريف دالة الخطأ لهذه الشبكات والتى لابد ان تحتوى وتاخذ فى الاعتبار مايلى:

أ - ملامح دالة الطاقة للنيرون والتى لابد ان تكون ذات قيم كبيرة عندما يكون الخطأ كبيرا وذات قيم صغيرة عندما يكون الخطأ صغيراً.

ب- قيم الاوزان الممثلة للبصمة المدخلة.

٣ - يمكن فرض دالة الطاقة التى تاخذ ماتم ذكره من اعتبارات لتناسب شبكة هوبفيلد فى الشكل الآتى:

$$E = -\frac{1}{2}\sum_{i}\sum_{i \neq j} w_{ij}\, x_i x_j + \sum_{i} x_i T_i$$

حيث:

(w_{ij}) = الاوزان بين العنصر (i) والعنصر (j).

(x_i) = قيمة الخرج من العنصر (i).

(T_i) = القيمة الحدية للعنصر (i) .

٤ - طبقا لاستخدام التغذية العكسية حيث تصبح قيم الخرج فى اى لحظة هى قيم الدخل فى الدورة التالية والذى يؤدى الى ان تقوم الاوزان والمدخلات بالتمثيل الصحيح للبصمة المدخلة.

٥ - يجرى استخدام طريقة انخفاض الميل (Gradient Descent) لدالة الخطا حتى نصل الى القاع الممثل لحالة اتزان الشبكة (اقل طاقة)والذى يمثل الحل .

(١٩-٤-١) ميكانيكية الخزن للبصمات (Patterns Storing Mechanism)

مما تم عرضه يمكننا القول بانه لابد من العمل على خزن البصمات داخل الشبكة، ولكى يتم ذلك فاننا نقوم باتباع الخطوات السابقة حتى يتم الوصول الى اقل طاقة ممكنة لبصمة معينة والى يمكن تمثيلها بنقطة تحتل احد الآبار فى مسطح مستويات الطاقة والتى يجرى خزنها فى الشبكة بحيث لاتؤثر على القيم للبصمات المخزونة من قبل والخاصة ببصمات اخرى.

وللوصول الى ذلك نفرض مايلى:

١- ان هناك بصمة معينة ولتكن (s) وان عناصر الادخال لهذه البصمة هى:

$(x_0, x_1, x_2, x_3, \ldots, x_{n-1})$

٢- نفرض ان دالة الطاقة والتى يراد ان يتم تعديلها لتكون اقل ما يمكن فى الشكل :

$$E = -\frac{1}{2}\sum_{i}\sum_{i \neq j} w_{ij}\, x_i x_j + \sum_{i} x_i T_i$$

ولكى تصبح كذلك فلابد للجزء الثانى الموجب من المعادلة ان يختفى ويتم ذلك باختيار القيمة الحدية (T_i) لجميع العناصر الحسابية بالقيمة صفر ويبقى الجزء الاول فقط كمايلى:

$$E = -\frac{1}{2}\sum_{i}\sum_{i \neq j} w_{ij}\, x_i x_j + \sum_{i} x_i T_i$$

٣ - نفرض انه يمكن كتابة عنصر الادخال للبصمة (s) فى الشكل (x^S_i) والذى يمكن ان ياخذ

القيم (1+) او (1-)، وكذلك الوزن (w_{ij}) كما تم تعريفه سابقا على انه الوزن بين العنصرين (i) و (j) والذى يشتمل على معلومات عن جميع البصمات المراد تعلمها من قبل الشبكة.

٤ - بهذا الاسلوب يمكن فصل مصفوفة الاوزان الى مصفوفتين تمثل المصفوفة الاولى الاوزان (w'_{ij}) من جميع البصمات الاخري ماعدا البصمة (s) وتمثل المصفوفة الثانية الاوزان (x^s_i) الخاصة بالبصمة (s) فقط وتصبح الصورة كمايلى:

$$E = -\frac{1}{2}\sum_i \sum_{i \neq j} w'_{ij} x_i x_j - \frac{1}{2}\sum_i \sum_{i \neq j} w^s_{ij} x^s_i x^s_j$$

$$= E_{ALL\ EXCEPT\ S} + E_S$$

$$= E_{Noise} + E_{Signal}$$

والتى يمكن تصورها على انها الطاقة الناتجة من الاشارة، وفى هذه الحالة هى البصمة (s) مضافا اليها طاقة الضوضاء.

٥ - وتعتبر ميكانيكية خزن البصمة (s) فى الحقيقة ماهى الامحاولة تقليل قيمة الطاقة الناتجة عن البصمة الى اقل مايمكن اى الوصول الي اقل قيمة للمعادلة الاتية :

$$E_s = -\frac{1}{2}\sum_i \sum_{i \neq j} w^s_{ij} x^s_i x^s_j$$

ونظرا لوجود الاشارة السالبة والتى تعني ان تكون القيمة الاتية اكبر مايمكن:

$$\sum_i \sum_{i \neq j} w^s_{ij} x^s_i x^s_j$$

٦ - ونظرا لانحصار قيم الادخال للمتغير (x_i) بين (1+) و(1-) فاننا نستخدم القيمة التربيعية له فى الشكل (x^2_i) والتى تكون موجبة دائما ويتم ذلك بالتعويض الآتى:

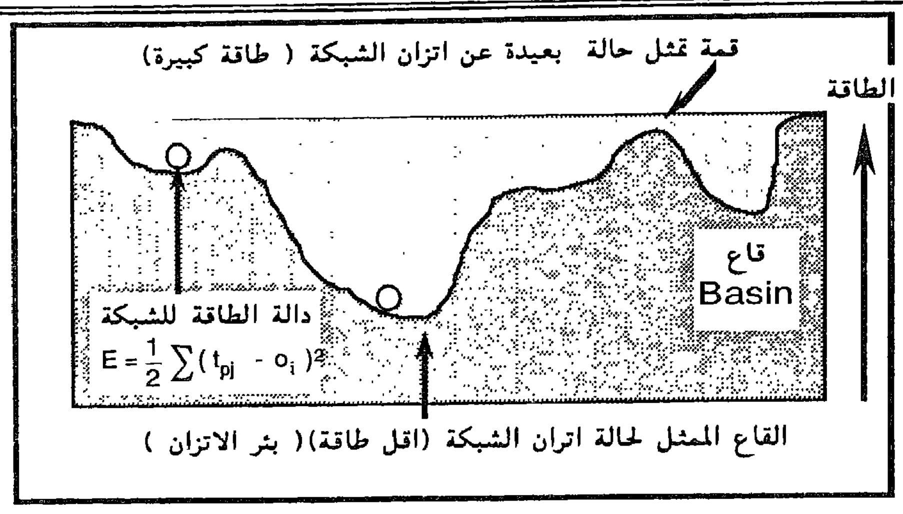
$$\sum_i \sum_{i \neq j} w^s_{ij} x^s_i x^s_j = \sum_i \sum_{i \neq j} x^2_i x^2_j$$

مع ملاحظة انه يجب كتابة الوزن (w^s_{ij}) فى الشكل الآتى:

$$w^s_{ij} = x_i \quad x_j$$

ولايجاد الاوزان لجميع البصمات فانه يمكن اجراء الجمع على كل البصمات كمايلى:

$$w_{ij} = \sum_s w^s_{ij} = \sum_s x^s_i x^s_j$$



(١٩-٣)مستويات الطاقة لشبكات هوبفيلد

(Energy Landscape for Hopfield 's Autoassociative Network)

وبمقارنة هذه الخطوة باول خطوة فى الخوارزميات المبينة فى شكل (١٩-٣)يتضح انهما متشابهان، ومن الواضح ان عملية خزن البصمات تعتمد على تغيير قيم الاوزان فى الجزء المسئول عن كل البصمات ماعدا التى تم خزنها قبل ذلك، ومن هنا نرى ان ميكانيكية الخزن للبصمة هى فى الحقيقة التقليل لطاقتها.

(١٩-٤-٢)ميكانيكية استدعاء البصمات المخزونة (التذكر)

(Stored Patterns Recall Mechanism)

مما سبق تم عرض ميكانيكية خزن البصمات فى الشبكة ولنا ان نفرض ان هناك شبكة تحتوى على بصمات مخزونة ويراد استدعاء هذه البصمات مرة ثانية، وتشمل ميكانيكية الاستدعاء أو التذكر والتى تعتمد على طريقة انخفاض الميل (Gradient Descent) الخطوات التالية :

١ - اذا رجعنا ثانية الى معادلة دالة الطاقة والمبينة قبل ذلك فى الشكل الآتى:

$$E = -\frac{1}{2}\sum_{i}\sum_{i\neq j} w_{ij}\, x_i x_j + \sum_{i} x_i\, T_i$$

ونريد ان نقوم بحساب مقدار الطاقة التى يساهم بها العنصر الحسابى الواحد فى دالة الطاقة الكلية ثم العمل على ان يكون هذا الجزء من الطاقة اقل ما يمكن ثم تطبيق ذلك على جميع العناصرحتى نصل الى اقل قيمة لدالة الطاقة الكلية.

٢ - ولتنفيذ ذلك فاننا سوف نقوم بفصل دالة الطاقة الى قسمين، حيث يمثل القسم الاول مقدار مساهمة العنصر (k) فى دالة الطاقة، ويمثل القسم الثانى مساهمة باقى العناصر كمايلى:

$$E = -\frac{1}{2}\sum_{i\neq K}\sum_{J\neq K} w_{ij} x_i x_j + \sum_{i\neq k} x_i T_i$$

$$-\frac{1}{2} x_k \sum_j x_j w_{kj} - \frac{1}{2} x_k \sum_i x_i w_{ki}$$

$$+ x_k T_k$$

٣- اذا فرضنا ان العنصر(k) سوف يغير حالة الخرج له من(x_{k1}) الى (x_{k2})وبذلك يكون الفرق فى الطاقة ($\Delta E = E_2 - E_1$) والذى حدث نتيجة الى تغيير الحالة بالمقدار- ($\Delta x_k = x_{k2} - x_{k1}$) ، وبالتعويض فى المعادلة السابقة والطرح يمكن الحصول على الفرق فى الطاقة نتيجة للتغير فى حالة العنصر(k) فقط كالآتى:

$$\Delta E = -\frac{1}{2}\left[\Delta x_k \sum_j x_j w_{kj} + \frac{1}{2}\Delta x_k \sum_i x_i w_{ki}\right] + \Delta x_k T_k$$

٤- ويمكن استخدام التماثل لتبسيط هذه المعادلة لكى تصبح فى الشكل الآتى:

$$\Delta E = -\Delta x_k \left[\sum_j x_j w_{kj} - T_k\right]$$

والتى تبين ان التغير فى الطاقة الكلية (ΔE)يعتمد على مايلى:

أ - (Δx_k) مقدار التغير فى حالة العنصر(k) .

ب - $\sum_j x_j w_{kj}$ المجموع الموزن للمداخل الى العنصر (k).

جـ-(T_k) القيمة الحدية للعنصر(k).

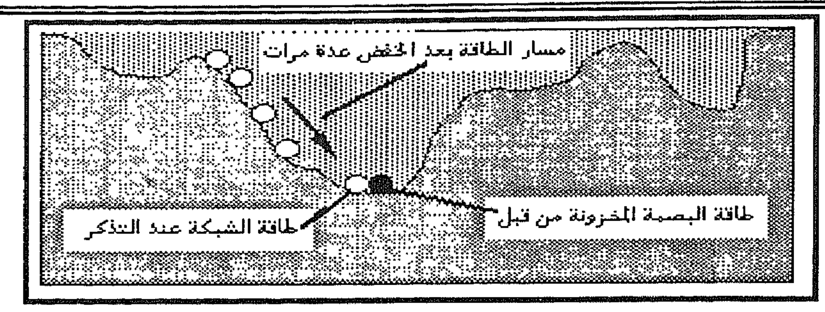
ومن المعروف سابقا عند خزن بصمة من البصمات ان يتم وضع القيمة الحدية لكل عنصر مساويا للصفر وذلك للتاكد ان البصمات قد احتلت الآبار التى تمثل اقل قيم للطاقة.

٥ - ولنا ان نتذكر ان قيمة الخرج لكل عنصر اما ان تكون (1+) و(1-) وبذلك فان تقليل قيمة الفرق في الطاقة (ΔE_k) لكل عنصر يعني قيم للخرج تساوي(1+) اذا كان المجموع الموزن اكبر من الصفر وتساوى (1-) اذا كان المجموع الموزن اقل من الصفر وعلى ذلك يمكن كتابة دالة التحديث فى الصورة الآتية :

$$\sum_{j\neq k} w_{ij} x_i \begin{cases} > 0 & x_i \quad +1 \\ = 0 & \text{remain } +1 \\ < 0 & x_i \quad -1 \end{cases}$$

دالة التحديث (Update Function)

وبذلك نرى أن دالة التحديث يمكن لها ان تقوم باجراء خفض للميل والذى يؤدى الى استرجاع او التذكر لبصمة مخزونة من قبل حيث يتم خفض الطاقة عدة مرات وفى كل مرة تكون



(١٩-٤)خطوات عملية استدعاء البصمة المخزونة (التذكر او التحديث)

القيمة اقل من السابقة الى ان يتم الوصول الى حالة اتزان ولا يمكن خفض الطاقة بعد ذلك وتعطى الشبكة او تتذكر البصمة المخزونة مرة ثانية، ويمكن شرح ميكانيكية الاستدعاء اوالتذكر او التحديث كما فى شكل(١٩-٤)حيث يجرى تمثيل البصمة المخزونة من قبل بالكرة السوداء والتى تحتل احد الآبار الذى يمثل اقل طاقة، وتمثل الكرة البيضاء اللون طاقة الشبكة عند بداية عملية الاسترجاع او التذكر. وعند اجراء الخفض عدة مرات تنحدر الكرة البيضاء فى مسار الطاقة الاقل الى ان تصل الى التطابق مع الكرة السوداء والتى تمثل البصمة المخزونة وتعرف هذه الخطوة بإنتهاء عملية التذكر.

(١٩-٤-٣)التحديث(التذكر)المتزامن والغير متزامن

(Synchronous & Asynchronous Updating)

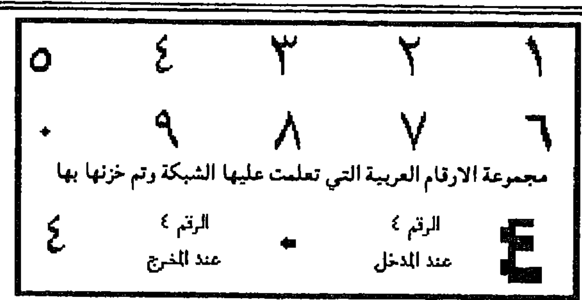
تنقسم طرق التحديث او التذكر الى:

١ - **طريقة التحديث المتزامن** (Synchronous Updating) والذى يتم فيها التحديث لكل العناصر مرة واحدة وفى زمن واحد بعد التجميد المؤقت لعمل الدائرة فى حالة معينة وحساب الحالة اللاحقة .

٢ - **طريقة التحديث الغير المتزامن** (Asynchronous Updating) والذى يتم فيها التحديث لعنصر واحد يتم اختياره عشوائيا ، حيث يعتمد الخرج الجديد على الدخل الذى يستقبله العنصر ثم تكرر هذه العملية باختيار عنصر اخر وهكذا.

ويكمن الاختلاف الاساسى بين الطريقتين ان قيمة الخرج للعنصر المحدث فى الطريقة الثانية سوف تؤثر على باقى العناصر، وبذلك يكون لها تاثير على حالة الشبكة والتى تعنى ان ترتيب العناصر المختارة عشوائيا سوف تؤثر على السلوك العام للشبكة ككل والذى لايوجد فى الحالة الاولى حيث يتم التحديث للكل فى نفس الوقت.

ويوضح المثال المبين شكل (١٩-٥) كيف تم تعليم الشبكة على مجموعة الارقام العربية من نمط معين وبعد التعليم تم تعريض الرقم (٤) من نمط آخر والذى يختلف عن النمط الاول عند مدخل الشبكة وبعد عدة دورات تتم عملية التذكر او الاستدعاء وتعطى الشبكة الرقم



(١٩-٥) عملية استدعاء البصمة المخزونة باستخدام بصمة مشوشة

المخزون الاصلي. ولقد وجد عمليا ان اكبر عدد من البصمات التى يمكن خزنها فى الشبكة بدون تداخل بينها هو (0.15 N) حيث (N) هو عدد العناصر الحسابية بالشبكة والتى تعنى ان شبكة مكونة من ١٠٠ عنصر تكون مناسبة لخزن ١٥ بصمة فقط بدون تداخل بينها.

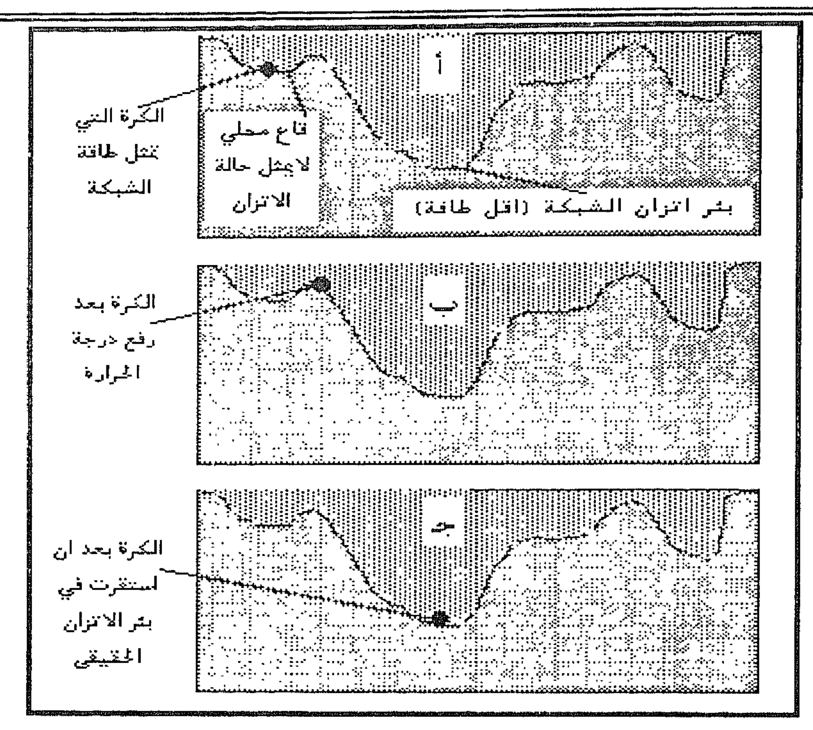
(١٩-٥)آلة بولتزمان الحرارية (The Boltzmann Thermal Machine)

مما سبق يتضح ان ايجاد الحل لشبكات هوبفيلد هو الوصول الى اقل مستوى للطاقة والذى يقابل احتلال الكرة (التى تمثل طاقة الشبكة)القاع ذو الطاقة الاقل على الاطلاق(بئر الحل الامثل) فى مسطح مستويات الطاقة، ونظرا لوجود قيعان محلية تكون فيها الطاقة قليلة ولكنها ليست الحل الامثل (Optimal) كما هو موضح فى شكل (١٩-٦-أ)حيث تصل الشبكة الى قاع لايمثل الحل ولكى نتاكد من ذلك فاننا نقوم برفع درجة حرارة الكرة وذلك بزيادة الطاقة الحرارية لها فجأة او بإضافة ضوضاء، وبذلك تتحرك الكرة عشوائيا الى اعلى كما فى شكل (١٩-٦-ب) ثم تترك لتبرد ببطء وذلك بواسطة تقليل درجة الحرارة وينشأ من ذلك احد وضعين:

الوضع الاول : وهو رجوع الكرة الي نفس القاع اذا لم يكن قاعا محليا وبذلك يصبح هذا القاع هو الممثل للحل الامثل واقل طاقة ممكنة.

الوضع الثانى: وهو انزلاق الكرة الى البئر الحقيقية التى تمثل ادنى مستوى للطاقة والحل الأمثل كما فى شكل (١٩-٦-جـ).

ويمكن تمثيل آلة بولتزمان على انها محاكاة لعملية التخمير الحرارى للمعادن (Thermal Annealing) حيث يسخن المعدن الى ان ينصهر ثم يترك ليبرد ببطء حتى يصل الى اقل طاقة ممكنة. وتعتبر آلة بولتزمان الحرارية هى الجمع بين خوارزم هوبفيلد للتعلم مع استخدام قاعدة التحديث المعتمدة على نظرية الاحتمالات (Probabilistic Update) حيث يقوم كل عنصر حسابى فى الشبكة بحساب الحالة التى يمكن ان ينتقل اليها فى اتجاه تقليل الطاقة وذلك



شكل(١٩-٦)

باستخدام قاعدة الاحتمالات والذى يعنى انه في بعض الاحيان تقفز الشبكة الى احتلال طاقات اعلى بحيث يمكنها ان تقفز من القيعان المحلية ويمكن اختيار دالة الاحتمالات بحيث تسمح للشبكة بالتغيير الى حالة الطاقة الاقل اذا كانت هناك فائدة من ذلك، وعند الوصول الى الاحتمالية تساوى (١)عند تخفيض درجة الحرارة فانه يمكن القول بان الشبكة قد وصلت الى حالة الاتزان الحرارى (Thermal Equilibrium) ويمكن استخدام الرياضيات لتوضيح ذلك كمايلى:

١ - يقوم كل عنصر حسابى فى الشبكة بحساب مقدار فجوة (ΔE_k) للطاقة فى الشكل :

$$\Delta E_k = \sum_i w_{ki} s_i - \Theta_k$$

٢- ينتقل كل عنصر من حالته الى الحالة التى تمثل الطاقة الاقل وذلك باستخدام قاعدة التحديث الاحتمالية (Probabilistic Update) وذلك بمقدار احتمالية (Pk) فى الصورة :

$$P_K = \frac{1}{1 + e^{\frac{-\Delta E_k}{T}}}$$

٣ - وبذلك يمكن للشبكة ان تحتل العديد من مستويات الطاقة التي يحكمها توزيع بولتزمان (Boltzmann Distribution)، فاذا فرضنا ان ($P\alpha$) هى الاحتمالية التى تكون عليها حالة عناصر الشبكة فى مستوى الطاقة ($E\alpha$) طبقا للتوزيع البولتزمانى فى الشكل الآتى:

$$P_\alpha = k e^{\frac{-E_\alpha}{T}}$$

وان (P_β) هي الاحتمالية التي تكون عليها حالة عناصر الشبكة فى مستوى الطاقة (E_β) وذلك طبقا للتوزيع البولتزمانى فانه يمكن كتابة مايلى:

$$\frac{P_a}{P_b} = \frac{e^{\frac{-E_a}{T}}}{e^{\frac{-E_b}{T}}} = e^{\frac{-(E_a - E_b)}{T}}$$

واذا فرضنا ان $(E\alpha)$ هى الطاقة الادنى وان (E_β) هى الطاقة الاعلى وعند التوازن الحرارى للشبكة عندما تثبت قيم الاحتمالات لكل مستوى للطاقة فاننا يمكن ان نقرر مايلى:

$$E_\alpha < E_\beta$$

$$e^{-(E_\alpha - E_\beta)} > 1$$

$$\text{Therefore } \frac{P_\alpha}{P_\beta} > 1$$

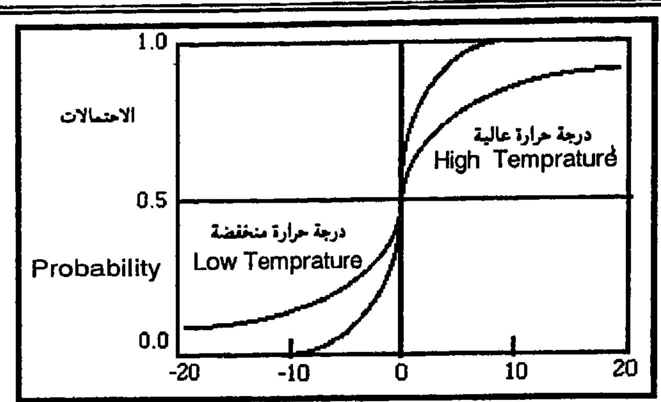
$$\text{So } P_\alpha > P_\beta$$

والتى تعنى انه عند التوازن الحرارى تكون نسبة الاحتمالات لوجود مستويات من الطاقة المنخفضة اكثر من نسبة الاحتمالات لوجود مستويات من الطاقة المرتفعة. وتصل الشبكة الى التوازن عند درجات الحرارة العالية بسرعة اكثر من الدرجات المنخفضة ولكن يكون ذلك على حساب مستويات الطاقة.

ان عملية تخفيض الطاقة بينما تعمل الشبكة والتى تعتبر محاكاة لعملية التخمير الحرارى تسمح بالوصول بسرعة الى توازن حرارى عند الطاقة المنخفضة، بينما تدفع الحرارة العالية الشبكة لتجنب القيعان المحلية، وعند الاتزان الحرارى للطاقات المنخفضة تكون قيم الاحتمالات ثابتة، ويبين شكل (١٩-٧) تأثير درجة الحرارة على دالة احتمالات الانتقال.

ويجرى تغيير درجات الحرارة بضبط درجة الانحناء للدالة المقطعية والتى تحدد بشكل قاطع احتمال ان يحتل عنصر ما مستوى الطاقة الطبيعى المناسب له والخالى من الضوضاء، فاذا كانت القيمة اكبر من القيمة الحدية بكثير فان قيمة الاحتمال يكون (١)واذا كانت القيمة اقل من القيمة الحدية فان الاحتمال يبقى صفرا دائما.

ويعتبر معدل خفض درجة الحرارة من العوامل الاساسية حيث أنه يساعد على وصول



$P_K = \frac{1}{1 + e^{\frac{-\Delta E_i}{T}}}$ **(١٩-٧) تأثير درجة الحرارة على احتمالات دالة الانتقال والتى توضح ان الاحتمال للانتقال الى طاقات عالية اكبر عند درجات الحرارة العالية بالمقارنة عند الدرجات المنخفضة.**

الشبكة للحل الأمثل، فاذا كان معدل الخفض سريعا جدا فان ذلك يؤدى الى وقوع الشبكة فى قيعان محلية بعيدة عن الحل الأمثل، وعلى العكس اذا كان المعدل بطيئا فان الشبكة تكون قادرة على الهروب من القيعان المحلية ولكنها تصل الى الحل الامثل بعد مدة كبيرة.

(١٩-٥-١) خوارزم التعليم لآلة بولتزمان الحرارية

(The Boltzmann Thermal Machine Learning Algorithm)

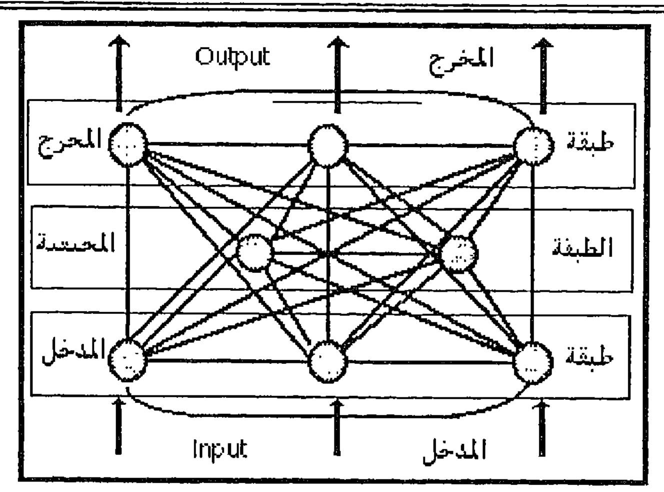
يمكن وضع شبكات هوبفيلد الكاملة الاتصال فى شكل الشبكات متعددة الطبقات بحيث يكون هناك طبقة للمدخل وطبقة للمخرج وطبقة مختفية كما فى شكل (١٩-٨)، وينقسم خوارزم التعليم لآلة بولتزمان الحرارية الى طورين :

١ - **الطور الاول** (First Phase) :

ويجرى تنفيذ هذا الطور بتقييد وتثبيت المداخل والمخارج عند القيم المعينة والصحيحة، ثم تترك الشبكة لتعمل عدة دورات بداية من درجة الحرارة الابتدائية مع تخفيض درجة الحرارة تدريجيا الى ان تصل الطبقة المختفية الى حالة التوازن الحرارى (Thermal Equilibrium) ثم يجرى تطبيق نظرية التعليم الهيبانى (Hebbian Learning) على كل عنصرين حسابيين متصلين ببعض ولهم نفس الحالة النشطة (on) وذلك بذيادة الوزن بقيم صغيرة فى كل مرة (Weights are incremented).

١ - **الطور الثانى** (Second Phase) :

وفى هذا الطور يتم تثبيت المداخل فقط عند القيم المعينة والصحيحة وتترك طبقة المخرج والطبقة المختفية فى شكل حر بدون التقيد بقيم ثم تترك الشبكة لتعمل عدد من الدورات مع



(١٩-٨) تمثيل لشبكة هوبفيلد ذات الاتصال الكامل فى شكل شبكة متعددة الطبقات

تخفيض درجة الحرارة تدريجيا الى ان تصل الى التوازن الحرارى ثم يجرى تخفيض قيم الوزن بين كل عنصرين حسابيين متصلين ببعض ولهم نفس الحالة النشطة (on) بقيم صغيرة فى كل مرة (Weights are decremented).ثم يجرى تكرار الطور الاول متبوعا بالطور الثانى بعدة مرات الى ان تثبت قيم الاوزان. ويمكن القول بانه يجرى تقوية العناصر النشطة فى الطور الاول بينما يجرى تقليل مساهمة هذه العناصر فى الطور الثانى والذى يؤيد النظرية الهيبانية للتعليم.

ويمكن تلخيص أهم المزايا لآلة بولتزمان مايلى:

١ - يمكن للشبكة الوصول الى آبار التوازن بسرعة حيث انه يمكنها الهروب من القيعان المحلية نتيجة لاحتلالها طاقات اكبر بمقدار احتمالية يعتمد على طاقة العنصر.

٢ - تحتل الشبكة افضل آبار التوازن والذى يعتبر فى الحقيقة افضل عملية خزن وبذلك تعتبر الشبكة فى وضع مناسب للاستدعاء والتذكر.

٣ - يمكن استخدام الشبكة لخزن الاحتمالات حيث تتناسب قيمة الاحتمالية مع الطاقة لكل عنصر.

ويشتمل الخوارزم لآلة بولتزمان على الخطوات التالية :

أ - **الطور الاول** (طور التقوية)

١- يتم اختيار عناصر لطبقتى المدخل والمخرج.

٢- يتم ربط وتثبيت قيم المداخل والمخارج بالقيم الصحيحة المعينة.

٣- يتم حساب الطاقة لجميع الحالات فى الشكل :

$$\Delta E_k = \sum_i w_{ki} s_i - \Theta_k \qquad 0 \le i \le N-1$$

٤ - يتم الانتقال الي حالات اقل من الطاقة باستخدام الاحتمالية في الصورة:

$$P_K = \frac{1}{1 + e^{\frac{-\Delta E_k}{T}}}$$

٥ - يجرى تخفيض درجة الحرارة (T) عدة مرات الى ان تثبت قيمة الخرج.

٦ - يجرى زيادة الوزن بين كل عنصرين اذا كانت حالتهما نشطة.

ب - **الطور الثانى** (طور الاضعاف)

١- يتم ربط وتثبيت قيم المداخل فقط بالقيم الصحيحة المعينة مع ترك الطبقة المختفية وطبقة المخرج حرتين.

٢- تترك الشبكة للقيام بعمل الحسابات كما فى الطور الاول حتى تصل الى حالة الاتزان الحرارى.

٣- يجري تقليل او اضعاف الوزن بين كل عنصرين اذا كانت حالتهما نشطة.

جـ - **يجرى تكرار العملية** عدة مرات على التوالى الى ان تصبح الاوزان فى حالة من الاتزان.

(١٩-٦) بعض التطبيقات لآلة بولتزمان الحرارية

(Some Application for Boltzmann Thermal Machine)

(١٩-٦-١)مشكلة البائع المتجول (The Travelling Salesman Problem)

يمكن استخدام آلة بولتزمان الحرارية لوضع الحول للمشكلات الصعبة والمركبة والتى تحتوى على عدد من المتطلبات والقيود المتعارضة، حيث يتطلب حلها تنفيذ كثير من الشروط. ومن هنا فان اختيار مشكلة البائع المتجول يعتبر إختبار لقدرة الشبكة العصبية لبولتزمان على ايجاد الحل لها ، حيث انها تشتمل على كثير من المتطلبات والقيود والشروط المتعارضة.

تتلخص المشكلة فى ايجاد أقصر المسارات التى من المفروض ان يقطعها البائع المتجول لكى يزور عدد من المدن المختلفة والتى تقع على مسافات مختلفة، على ان تنتهى الزيارة من المدينة التى بدأ البائع منها جولته، على ان لاتتكرر زيارة اى مدينة أكثر من مرة واحدة.

وتعتبر الشروط او القيود التى يجب تنفيذها هى:

١- ان يتم زيارة المدينة مرة واحدة فقط.

٢- ان تكون المسافة خلال المسار بين اى مدينتين اقصر مايمكن .

من الواضح ان اختيار دالة للطاقة تاخذ فى الاعتبار هذين الشرطين سوف تعطى الحل الأمثل للشبكة عند تخفيض هذه الطاقة الى اقل قدر ممكن.

ولايجاد الحل للمشكلة لنا ان نتبع الخطوات التالية:

١ - وضع المشكلة بشكل يسهل تمثيلها فى الشبكة وذلك بايضاح اسم المدينة وترتيبها فى الزيارة.فاذا فرضنا عدد(n) من المدن فاننا سوف نفرض ان المدينة الواحدة يمكن تمثيلها بعنصر حسابى واحد ولذلك يتطلب وجود عدد (n) من العناصر الحسابية .

٢ - فى حالة زيارة مدينة واحدة فى الزمن الواحد فان العنصر الحسابى المناظر لها لابد ان يكون نشطا (on) وان تكون العناصر الاخرى الممثلة للمدن الاخرى خامدة (off)، فاذا فرضنا انه يوجد اربعة مدن فقط هى:

(A,B,C,D)

وانه سوف يتم زيارة المدينة (A) اولا فان ذلك يحتم ان يكون العنصر الاول نشطا (ON) ويعطى واحد فى الخرج وجميع العناصر الاخرى خامدة (off) وتعطى خرجا يساوى الصفر، ويمكن تمثيل ذلك فى الصورة 1000، وعلى ذلك فاننا نحتاج الى مصفوفة مكونة من ١٦ عنصر (اربعة فى اربعة) لتمثيل اسم المدينة ومكان كل منها كما هو مبين فى المثال شكل (١٩-٩)، حيث يبين انه يمكن زيارة المدن بالترتيب الآتى:

(A) ثم (D) ثم (B) ثم (C).

٣ - يجب ان تحتوى دالة الطاقة على القيود الآتية:

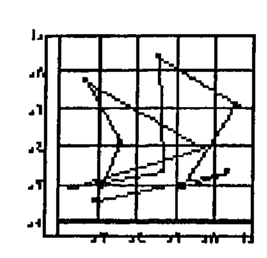
أ - يحتوى كل صف من المصفوفة على(1) فقط والذى يبين ان المدينة تم زيارتها مرة واحدة.

ب - ان يحتوى كل عمود من المصفوفة على(1) فقط والذى يبين ان المدينة تم زيارتها.

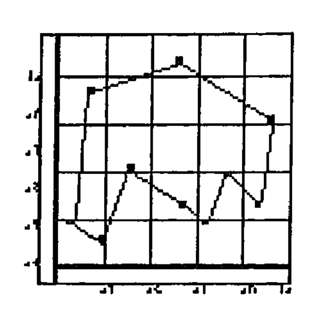
جـ - ان تحتوى المصفوفة على عدد (n) من الواحدات(1) والذى يبين ان الزيارة تكون

المكان	1	2	3	4
المدينة				
A	1	0	0	0
B	0	0	1	0
C	0	0	0	1
D	0	1	0	0

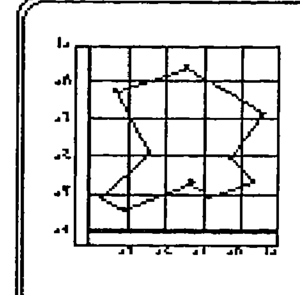
(١٩-٩) مثال للمصفوفة التى تمثل اسماء المدن ومكانها



شكل(١٩-١٠)أ
مسار عشوائي بين (١٠)
مدن بدون استخدام الشبكة



شكل(١٩-١٠)ب
مسار يمثل الحل الامثل بين
المدن باستخدام الشبكة



شكل(١٩-١٠)جـ مسار يمثل
شكل آخر من الحل الامثل
باستخدام الشبكة

(١٩-١٠) استخدام شبكة (آلة) بولتزمان لايجاد اقصر المسارات التي يمكن للبائع المتجول ان يسلكها

صحيحة وواقعية.

٤ - نفرض انه يمكن كتابة قيمة الخرج للشبكة فى الشكل الآتى:

الخرج = V_{XI} حيث (X) يمثل اسم المدينة و (I) تمثل مكانها.

وبذلك يمكن كتابة دالة الطاقة فى الشكل الآتى:

$$E = A\sum_{X}\sum_{i}\sum_{j\neq i}V_{Xi}V_{Xj} + B\sum_{i}\sum_{X}\sum_{X\neq Y}V_{Xi}V_{Yi} + C\left(\sum_{X}\sum_{i}V_{Xi} - n\right)^{2}$$

$$+\frac{1}{2}D\sum_{X}\sum_{i}\sum_{Y\neq X}d_{XY}V_{Xi}\left(V_{Y,i+1}+V_{Y,i-1}\right)$$

حيث يمثل الجزء الاول القيد المفروض على اسم المدينة (X) ويصبح هذا الجزء مساويا للصفر اذا كان كل صف والمبين لاسم للمدينة (X) يحتوى على الرقم واحد فقط. ويمثل الجزء الثانى القيد المفروض على مكان المدينة فى المسار ويساوى الصفر اذا كان العمود الممثل لمكان المدينة فى المسار يحتوى على الرقم واحد فقط.ويمثل الجزء الثالث القيد المفروض على ان احتواء المصفوفة على عدد (n) من الواحدات (1) والذى يبين ان الزيارة تكون صحيحة وواقعية. ويمثل الجزء الرابع القيد المفروض على المسافة لتكون أقصر مايمكن حيث تمثل

المسافة (d_{XY}) بين (X) و (Y) ويمثل الجزء الذى يلى (d_{XY}) قيمة لاتساوى الصفر اذا كانت المدينة (X) والمدينة (Y) متتالتين وتصبح القيمة صفرا لغير ذلك ويصبح المجموع ممثلا لطول المسار الكلى لجولة البائع.

ويبين شكل (١٩-١٠) كيف يمكن الحصول على الحل الأمثل لأقصر المسارات بين المدن.

٥ - تحتوى دالة الطاقة على الثوابت (A,B,C,D) والتى يتم اختيارها عشوائيا وذات قيم كبيرة ويصبح تخفيض الطاقة الى ادنى مستوى هو فى الحقيقة الوصول الى الحل الامثل ليعطى اقصر المسارات على الاطلاق اذا احتلت دالة الطاقة للبئر الممثل للحل الأمثل.

الفصل العشـــرون

نظريـــة الرنيـــن المتكيـــف للشبكـــات العصبيـــة المكثفـــة التـــوازى

Adaptive Resonance Theory (ART) Massively Parallel Neural Networks

(٢٠-١)نظرية الرنين المتكيّف (Adaptive Resonance Theory (ART))

قام جروسبرج وجيل كاربنتر (Grossberg &Gail Carpenter) بتطوير هذه الشبكات اعتمادا على نمذجة ميكانيكية العمل للمخ الانسانى فى شكل نظم ذاتية التنظيم (Self- organizing Systems) ومحاولة للتغلب على جمود الشبكات السابقة التى لايمكن لها قبول تعلم بصمات جديدة فوق البصمات المخزونة، وتشير كلمة الرنين الى التشابه الذى يحدث بين تردد المتجهات للاوزان بين طبقتى المدخل والمخرج عدة مرات قبل ان تستقر ومايحدث فى الدوائر الالكترونية المهتزة من رنين للموجات الكهربية. تعتبر هذه الشبكات والمعتمدة على نظرية الرنين المتكيف احدى دعائم تقنيات الحساب العصبى وذلك لمايلى:

١- تحتوى معمارية الشبكة على تكثيف للتوصيلات المتوازية بين العناصر والتى تساعد على اجراء المعالجة المتوازية .

٢ - تعتبر نمذجة لميكانيكية العمل التى يتبعها المخ الانسانى فى سرعة التعرف على الاشياء والبصمات بالرغم من كبر حجم قاعدة المعلومات التى يتم البحث خلالها.

٣ - يمكن للشبكة التعرف السريع على البصمات المخزونة فى طبقة التعرف والتى تستخدم فيها الطرق المثلى للبحث المتوازى فى طبقة التعرف.

٤ - يجرى التوصيف للمتجهات المدخلة باستخدام تقنية متوازية حيث يتم مقارنته بالمتجهات المخزونة فى عناصر طبقة التعرف فى نفس الوقت، واذا لم يكن مشابها لأى منها فانه يجرى خزنه فى عنصر جديد ويجرى تتابع هذه العملية الى ان تمتلىء الذاكرة. تعتبر هذه الخاصية من اهم خواص هذه الشبكات والتي تتميز بها عن الشبكات السابق ذكرها.

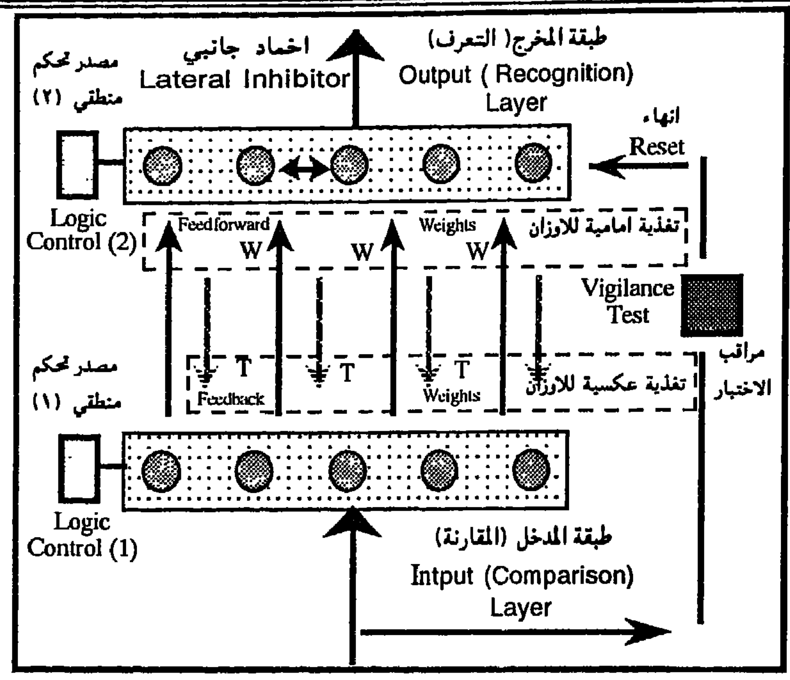
(٢٠-٢)معمارية شبكات نظرية الرنين المتكيّف

(ART Network Architecture)

يبين شكل (٢٠-١) معمارية الشبكات نظرية الرنين المتكيف والتى تتكون من الآتى:

١ - طبقة اولى للادخال (Input Layer) يطلق عليها طبقة المقارنة (Comparison Layer) وطبقة ثانية للاخراج (Output Layer) يطلق عليها طبقة التعرف (Recognition Layer) .

٢ - يجرى استخدام الاتصال المتوازى المكثف بين العناصر فى الطبقتين، حيث يتصل كل عنصر فى طبقة بجميع العناصر الآخرى فى الطبقة الثانية بوصلتين كما فى شكل (٢٠-٢) حيث تمثل الوصلة الاولى الاتصال للتغذية الأمامية للاوزان (Feedforward Weights)



شكل (٢٠-١)معمارية شبكات الرنين المتكيف

والذى يمثلها المتجه (W) والوصلة الثانية وتمثل التغذية العكسية (Feedback Weights) من المخرج الى المدخل ويمثلها المتجه (T) كما يوجد اتصال جانبى للاخماد (Lateral Inhibitor) بين كل عنصر والعنصر الذى بجانبه فى طبقة الاخراج.

٣ - يجرى تزويد كل طبقة بمجموعة من الدوائر المنطقية والتى تعطى اشارات منطقية للتحكم (Logic control signals) فى تدفق البيانات فى كل طبقة على حدة وذلك اثناء دورة العمل، ويمكن تسمية هذه الاشارات بالتحكم(١) ((Control(1)) والخاص بطبقة المدخل والتحكم (٢) ((Control(1)) والخاص بطبقة المخرج.

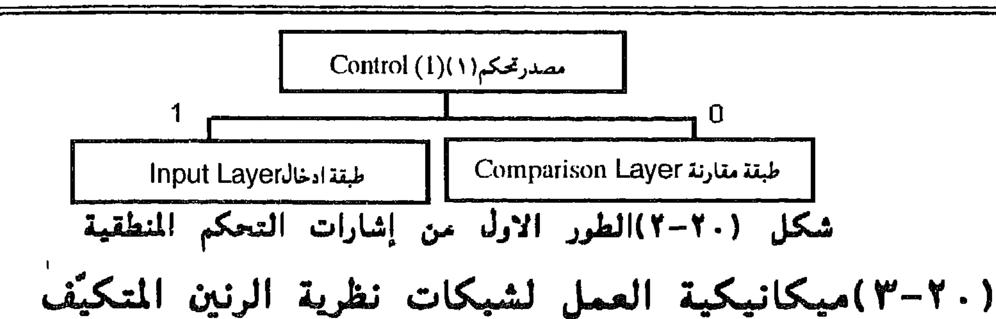
٤ - تحتوى الشبكة على مراقب الاختبا (VigilanceTest)والذى يلعب دورا فى منتهى الاهمية بين طبقة المدخل وطبقة المخرج، حيث يتولى مقارنة القيم المدخلة الى الطبقة الاولى بقيمة حدية اختبارية (Vigilance Values) حيث يمكن تقرير العمل دورة اخرى لايجاد قيم جديدة للخرج، وعلى ذلك يقوم بمسح او انهاء (Reset) القيم السابقة الموجودة فى الخرج.

ومما سبق يتضح السمات الآتية لهذه الشبكات:

أ - التغذية العكسية المكثفة .

ب- انفراد كل طبقة بعمل معين .

جـ - التحكم الخارجى باشارات منطقية.



شكل (٢٠-٢)الطور الاول من إشارات التحكم المنطقية

(٢٠-٣)ميكانيكية العمل لشبكات نظرية الرنين المتكيّف

(Oparation Mechanism For ART Networks)

تختلف هذه الشبكات عن الشبكات السابقة فى التركيب وميكانيكية العمل حيث يعتبر الفرق الاساسى هو ظاهرة الرنين (Resonance) والتى تحدث بشكل مماثل لما يحدث فى دوائر الرنين الكهربية والالكترونية حيث يقوم متجه الوزن (W) بالانتقال من طبقة المدخل الى طبقة المخرج ثم ينعكس فى شكل متجه آخر (T) عن طريق التغذية العكسية من طبقة المخرج الى طبقة المدخل ثم يكرر هذه العملية عدة مرات بعد تعديلة فى كل مرة. وتشتمل ميكانيكية العمل لهذه الشبكات على الأطوار الآتية :

١- طور التنشيط (Initialisation Phase).

٢- طور التعرف (Recognition Phase).

٣- طورالمقارنة (Comparison Phase).

٤- طور البحث (Search Phase).

(٢٠-٣-١) طور التنشيط (Initialisation Phase)

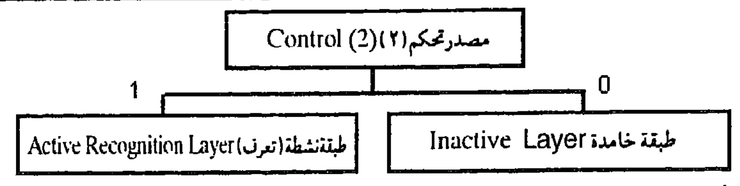
يختلف طور التنشيط فى هذه الشبكات عن التنشيط المعروف سابقا للشبكات الاخرى حيث تقوم مصادر اشارات التحكم المنطقية(١)و(٢) شكلى (٢٠-٢) و (٢٠-٣)بالعمل لتوجيه البيانات داخل الشبكة عند اجراء عملية التعليم وكذلك عند التوصيف. وتعمل اشارات التحكم المنطقية(١) فى تنظيم عمل طبقة الادخال كمايلى:

أ - تاخذ قيمة اشارة التحكم الرقم الثنائى (١) اذا كان هناك قيم صحيحة للمدخل (لاتساوى الصفر)وتعمل الطبقة كطبقة ادخال.

ب - تاخذ قيمة اشارة التحكم الرقم الثنائى (صفر) اذا كانت احدى عناصر طبقة الاخراج نشطة.

وتعمل اشارات التحكم (٢) فى تنظيم عمل طبقة الاخراج كمايلى:

١ - تاخذ قيمة اشارة التحكم الرقم الثنائى (١) اذا كان هناك قيم صحيحة للمدخل (لا تساوى الصفر)وتعمل الطبقة كطبقة تعرف.



شكل (٢٠-٣)الطور الثانى من إشارات التحكم المنطقية

٢ - تاخذ قيمة اشارة التحكم الرقم الثنائى (صفر) اذا فشلت عملية مراقبة الاختبار وفى هذه الحالة يتم انهاء العمل بهذه الطبقة ويتحول نشاط العناصر الى الصفر.

يجرى تنشيط الموجهات للاوزان الامامية والعكسية كمايلى :

أ - ياخذ المتجه العكسى للوزن (T) الرقم الثنائى (١) وذلك مشيرا الى اتصال كل عنصر من طبقة الاخراج بكل عنصر فى طبقة الادخال.

ب - ياخذ المتجه الامامى للوزن (W) قيمة حقيقية ثابتة تساوى :

$$w_i = \frac{1}{1+n}$$

حيث (n) تمثل عدد العناصر الحسابية فى طبقة الادخال ، مع وضع حد المراقبة فى المدى الآتى: $0 < \rho < 1$

(٢٠-٣-٢)طور التعرف (Recognition Phase)

يبدأ هذا الطور بالسماح بارسال المتجه المدخل من طبقة الادخال الى طبقة الاخراج حيث يتم مقارنة قيمته بالقيمة للمتجه الذى يوصف البصمة السابقة والمخزونة فى كل عنصر من عناصر الاخراج وذلك بهدف الوصول الى احسن قيمة للمواءمة بينهما.وفيمايلى شرح كيف يمكن لعناصر هذه الطبقة من تنفيذ ذلك اثناء دورة التعلم، ويبين شكل (٢٠-٤) ان كل عنصر من عناصر طبقة الادخال يتصل به ثلاث اطراف للمدخل هى:

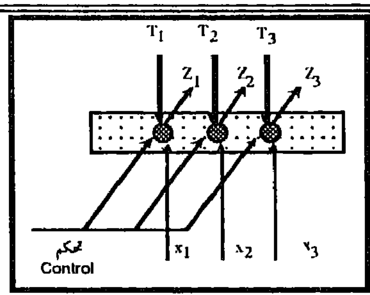
١ - مركبة المتجه المُدخل (x_i) .

٢ - متجه التغذية العكسية من طبقة المخرج الي طبقة المدخل (T_1).

٣ - اشارة التحكم من مصدر التحكم المنطقى (١).

ويتصل العنصر بطرف واحد للخرج يحمل متجه المقارنة (Comparison Vector) ويمكن القول بان تدفق البيانات خلال طبقة المدخل تسير طبقا لقاعدة الثلثين (Two-third Rule) والتى تم اقتراحها من قبل جروسبرج وكاربنتر والتى تنص على مايلى:

" يكون خرج العنصر نشطا اي يساوي واحد اذا كان اثنين من الثلاث قيم للمداخل نشطة ويكون صفرا في غير ذلك.وهناك تشابه بين طريقة التعلم



شكل (٢٠-٤)قاعدة الثلثين لجروسبرج

لهذه الشبكات وشبكات كوهان ذاتية التنظيم "

وتتلخص عملية التعرف فى الخطوات الآتية:

١ - يمكن تصور ان كل متجه للوزن (W) عند كل عنصر للتعرف هو عبارة عن كمية مخزونة تمثل جزء من البصمة المعرفة قبل ذلك.

٢ - يتم مقارنة المتجه المدخل مع المتجه المخزون فى كل عنصر من عناصر طبقة الاخراج وذلك للوصول الى افضل وضع للمواءمة (Best-match) بينهم .

٣ - يجرى الوصول الى افضل وضع للمواءمة (Best-match) وذلك بحساب حاصل الضرب النقطى (Dot Product) بين المتجهين لكل عنصر (متجه المدخل والمتجه المخزون بالعنصر) وتعتبر اكبر قيمة هى الدليل على ان العنصر هو افضل العناصر الموائمة لمتجه الوزن المدخل.

٤ - ومن الطبيعى ان يكون هناك اكثر من عنصر من العناصر يكون حاصل الضرب النقطى قريب من القيمة العظمى، وللوصول الى عنصر واحد فقط فان ذلك يتم بالاستعانة بالاخماد الجانبى (Lateral Inhibitation) حيث يقوم كل عنصر بمحاولة اخماد العنصر الذى يقع بجانبه اذا كانت قيمة حاصل الضرب النقطى للاخير اقل من القيمة العظمى وفى المقابل فان كل عنصر يحاول ان يقوى مركزه (Reinforcement) وذلك بالاستعانة بالتغذية العكسية الموجبه (Positive Feedback) لكل عنصر مع نفسة والتى تعمل لتقوية ولزيادة قيمة حاصل الضرب وتكون المحصلة لهاتين القوتين المتضادتين هو الوصول الى عنصر نشط واحد فقط يطلق عليه العنصر الفائز (Winning Node).

٥ - من المطلوب فى هذه المرحلة ان يقوم العنصر الفائز بنقل قيمة المتجه (T)(Class Exampler) المخزون به والذى يعرف بالمتجه الممثل لرتبة البصمة الى الطبقة الاولى عن طريق التغذية العكسية وذلك للقيام بعقد المقارنة، فاذا فرضنا ان هذا المتجه قد تم تخزينه فى الشكل الثنائى كما هو موضح فى شكل (٢٠-٥) فى العنصر الفائز فان نقله الى الطبقة المقارنة يتم بسهولة وذلك عن طريق نقل القيم الى العناصر بهذه الطبقة بالتغذية العكسية.

(٢٠-٣-٣)طور المقارنة (Comparison Phase)

كما هو مبين فى شكل (٢٠-٤) من وجود ثلاث قيم عند مدخل كل عنصر من عناصر الطبقة الاولى والتى سوف يتم فيها المقارنة وهذه القيم هى :

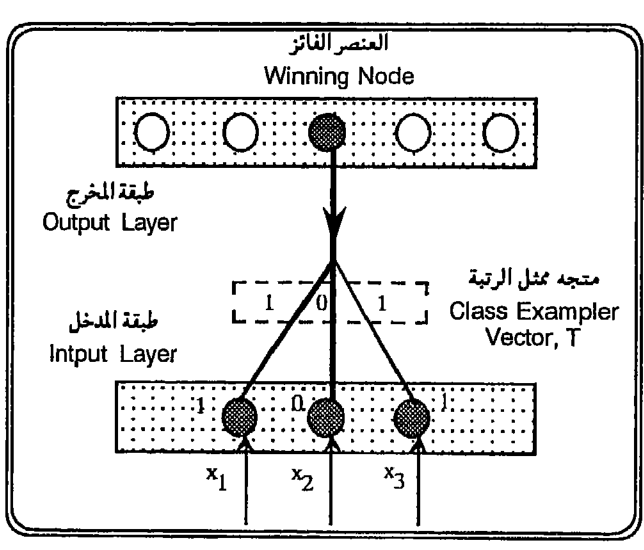
- مركبة المتجه المُدخل (x_i) .
- ومتجه التغذية العكسية من طبقة المخرج الي طبقة المدخل (T_1) .
- واشارة التحكم من مصدر التحكم المنطقى(١).

وحيث انه يتم اختيار اشارة التحكم تساوى الصفر لكى تعمل الطبقة كطبقة للمقارنة، وبتطبيق قاعدة الثلثين فان العنصر سوف يعطى خرجا يساوى المتجه (z) والذى يعرف بمتجه المقارنة والذى يتم ارساله مع المتجه المدخل الى دائرة الانهاء التى تتحكم فى طبقة التعرف.

(٢٠-٣-٤)حد مراقبة الاختبار (Vigilance Threshold Test)

تقوم دائرة مراقب الاختبار باختبار التشابه بين متجهين : متجه المدخل (x_i) ومتجه المقارنة (z) ، وذلك بمقارنة كل منهم على حدة بالقيمة الحدية للمراقبة (Vigilance Threshold ρ) ويعتبر الاختبار هو تحديد نسبة عدد الواحدات (١) فى كل من متجه المدخل (x_i) ومتجه المقارنة (z) (حاصل ضرب نقطى للمتجهين) بالنسبة الى عدد الواحدات فى متجه المدخل (x_i) وذلك لتعطى النسبة (S) كمايلى:

$$S = \frac{\sum t_{ij} x_i}{\sum x_i}$$



شكل(٢٠-٥) نقل متجه العنصر الفائز الى العناصر الاخرى بالتغذية العكسية

ويكون الاختبار فى الصورة الآتية:

اذا كانت(S) اكبر من القيمة الحدية اللمراقبة(ρ) فان التوصيف يكون كاملا ويصبح العنصر الفائز فى طبقة التعرف هو العنصر النشيط الواحد فى هذه الطبقة الذى يمثل البصمة، واذا كان العكس فانه يجرى العمل مرة ثانية للوصول الى افضل قيمة للموائمة وتدخل الشبكة طور البحث.

(٢٠-٣-٥)طور البحث (Search Phase)

فى هذا الطور تقوم الشبكة بمحاولة ايجاد افضل مواءمة بين المتجه المخزون فى طبقة التعرف والمتجه المدخل فى طبقة المقارنة وذلك بناءاً على نتيجة مراقب الاختبار والخطوات التالية :

١ - يتم تحويل العنصر النشط فى طبقة التعرف (العنصر الفائز) الى الخمود بحيث تعطى خرجاً يساوى الصفر، وبذلك لا يدخل هذا العنصر مرة اخرى فى المقارنة او التنافس للوصول الى افضل مواءمة مرة اخرى مع تحول اشارة مصدر التحكم الى الصفر.

٢ - يتم ادخال المتجه الجديد الى طبقة التعرف، ويجرى الوصول الى افضل مواءمة وذلك باتباع الخطوات المذكورة فى طور التعرف والوصول الى العنصر الفائز مرة اخرى.

٣ - يتم ادخال الشبكة فى طور المقارنة مرة اخرى مع اجراء اختبار المراقبة مرة اخرى والاعادة حتى يتم الوصول الى عنصر مماثل للمتجه المدخل، واذا لم يتم الوصول الى هذا العنصر فان الشبكة سوف تقرر ان هذا المتجه المدخل غير معروف من قبل للشبكة ويتم ضمه وخزنه فى عنصر جديد من عناصر المخرج.

ومما سبق تتضح ديناميكية انتقال البيانات بين المدخل والمخرج، حيث يقوم المتجه بالتردد بين الطبقتين عدة مرات محدثا ظاهرة تشابه ظاهرة الرنين فى الدوائر الاكترونية والتى تحمل فى طياتها بعض التعقيد ومع ذلك فان الخوارزميات تعتبر سهلة عند التنفيذ.

(٢٠-٤) خوارزم التعليم لنظرية الرنين المتكيّف

(ART Network Learning Algorithm)

تشمل خوارزميات ليبمان (Lippmann) لشبكات نظرية الرنين المتكيف (رقم١) (ART1) على الخطوات الآتية:

١ - بدء التنشيط كمايلى : نفرض ان هناك شبكة شكل(٢٠-٦)وان:

أ - عدد العناصر فى طبقة المدخل (طبقة المقارنة) = (N)

ب - عدد العناصر الاخرى فى طبقة المخرج (طبقةالتعرف)=(M)

جـ- قيمة متجه الاوزان فى اتجاه التغذية الامامية(من المدخل الى المخرج) = $w_{ij}(t)$ وذلك عند زمن (t) .

د- قيمة متجه الاوزان فى اتجاه التغذية العكسية(من المخرج الى المدخل) = $t_{ij}(t)$ وذلك عند زمن (t) كما هو مبين فى شكل(٢٠-٢-٦)حيث (i) هو احد العناصر فى طبقة المدخل و (j) هو احد عناصر طبقة المخرج وعلى ذلك فانه يمكن كتابة الآتى :

$$t_{ij}(0) = 1$$

$$w_{ij}(0) = \frac{1}{1+N}$$

$$0 \le i \le N-1 \quad 0 \le J \le M-1$$

ويجب تحديد قيمة معامل حد اختبار المقارنة (ρ) والذى يوضح مدى قرب التشابه بين المتجه المدخل والمتجه المخزون كمايلى: $0 \le \rho \le 1$

٢- يتم ادخال مداخل ذات قيم جديدة.

٣ - يتم حساب المواءمة كمايلى : وذلك بحساب متجه الخرج (μ_j) من العنصر (j) كمايلى :

$$\mu_j = \sum_{i=0}^{N-1} w_{ij}(t) x_i$$

مع الاخذ فى الاعتبار الحالة الآتية:

$$0 \le j \le M-1$$

وان (x_i) هى الجزء من المدخل (i) والذى يمكن ان ياخذ احدالقيم اما القيمة صفر او القيمة واحد.

٤ - تحديد قيمة المتجه المناسب لافضل مواءمة، وذلك فى الصورة : $\mu_j{}^* = \max_j \left[\mu_j\right]$

٥ - إجراء الاختبار كمايلى:

أولا : حساب متجه التغذية الامامية فى الشكل :

$$\|X\| = \sum_{i=0}^{N-1} x_i$$

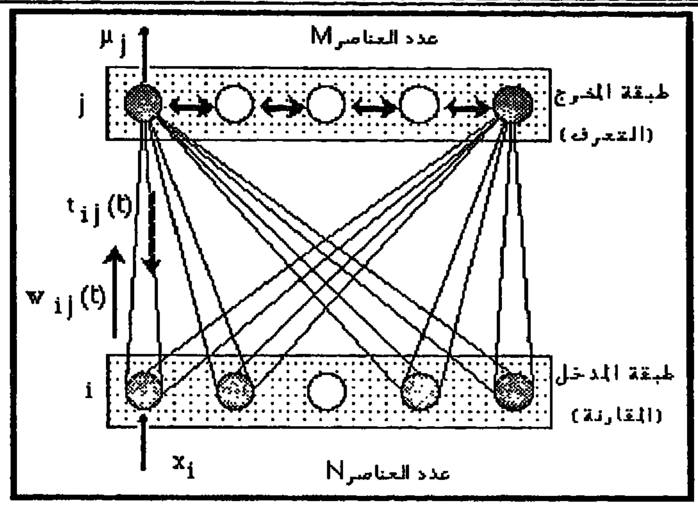
ثانيا : حساب حاصل الضرب النقطى بين متجه التغذية الامامية ومتجه التغذية العكسية فى الشكل :

$$\|T \cdot X\| = \sum_{i=0}^{N-1} t_{ij^*}(t) x_i$$

ثالثا : اجراء المقارنة بين النسبة (S) والقيمة الحدية لمراقبة الاختبار(ρ) كمايلى :

$$\text{is } \frac{\|T \cdot X\|}{\|X\|} > P$$

YES go to 7
NO go to6



شكل (٢٠-٦) متجهات التغذية الامامية والعكسية الممثلة للرنين

٦ - انهاء عملية افضل موائمة وذلك بوضع العنصر المستخدم قبل ذلك للموائمة يساوى الصفر، ثم الذهاب الى الخطوة رقم (٣). go to 3.

٧ - اجراء الضبط لعملية افضل مواءمة وذلك كمايلى :

$$t_{ij^*}(t+1) = t_{ij^*}(t)\, x_i$$

$$w_{ij^*}(t+1) = \frac{t_{ij^*}(t)\, x_i}{0.5 + \sum_{i=0}^{N-1} t_{ij^*}(t)\, x_i}$$

٨ - اجراء التنشيط لجميع العناصر الخامدة ثم الرجوع الي الخطوة الثانية لاختيار قيم مداخل جديدة. go to 2.

(٢٠-٤-١) مثال لدورة التعليم (Example of A Learning Cycle)

نفرض ان هناك شبكة مكونة من عدد ثلاث عناصر فى طبقة المدخل وعدد عشرون عنصر فى طبقة المخرج. $N = 3$ $M = 20$

ويمكن شرح دورة التعليم فى الخطوات التالية:

١ - عند بدء التنشيط تكون الصورة كمايلى:

أ - اشارات التحكم (١)والتحكم (٢) تساوى الصفر.

ب- توضع جميع العناصر فى طبقة الخرج مساوية للصفر.

جـ- تكون متجهات الاوزان فى حالتها الابتدائية ويجرى تحديد قيمة متجه الاتجاه الامامى بالمعادلة الآتية :

$$w_{ij} = \frac{1}{1+N}$$

حيث (N) هى رتبة المتجه المدخل(Input Vector).

٢ - يتم خزن كل الارقام الثنائية فى متجه التغذية العكسية للاوزان والذى يمثل بصمة ما فى شكل الرقم الثنائى الواحد.

٣ - يتم ادخال المتجه الجديد (x_1) عند المدخل ولكى تعمل الطبقة الاولى كطبقة ادخال، فان ذلك يلزم ان تكون اشارة التحكم تساوى الرقم الثنائى الواحد وبتطبيق قاعدة الثلثين نجد انه بتطبيق قانون (و) المنطقية على قيمة الاشارة (١) وقيمة المتجه عند المدخل (١) سوف تكون النتيجة (١) ايضاً وبذلك يتم السماح للمتجه المدخل بان يذهب الى الطبقة الثانية طبقة التعرف بدون اى تغيير.

٤ - فى هذه الطبقة يتم المواءمة بين المتجه القادم من طبقة المدخل ومتجه الاوزان للتغذية الامامية عند كل عنصر فى هذه الطبقة وذلك بايجاد حاصل الضرب النقطى بينهما وايجاد القيمة العظمى وتحديد العنصر الفائز.

٥- يقوم العنصر الفائز فى طبقة التعرف بارسال المتجه المخزون به الى طبقة المدخل ثانية والتى سوف تعرف فى هذه الحالة بطبقة المقارنة مع تغير قيمة اشارة مصدر التحكم (١) الى الصفر.

٦ - ومن الواضح انه توجد ثلاث اشارات عند مدخل كل عنصر من عناصر هذه الطبقة هى: المتجه المدخل والمتجه الممثل للبصمة واشارة مصدر التحكم كمايلى:

متجه المدخـــــل	(1,1,0)
متجه التـــــعرف	(1,1,1)
اشارة مصدر التحكم	(1,1,0)

والتى تعطى خرجاً طبقا لقاعدة الثلثين (وذلك بتطبيق قاعدة (و) المنطقية) لتعطى قيمة متجه المقارنة كالاتى : (1,1,0)

٧ - يتم ارسال متجه المقارنة (1,1,0) مع متجه المدخل (1,1,0) الى دائرة مراقبة الاختبار حيث يتم استخراج (Similarity Value) نسبة التشابه بين المتجهين وفى هذا المثال تكون هذه النسبة ١:١ حيث انهما متشابهان واذا تم مقارنة هذه النسبة بقيمة حد الاختبار (ρ) والتى يمكن اختيارها تساوى (0.8) نجد انه قد تم توصيف المتجه المدخل بطريقة صحيحة.

٨ - بعد اجراء مراقبة حد الاختبار يتم تحديث متجه الاوزان فى العنصر الفائز وذلك ليحمل صفات المتجه المدخل والذى يجرى باستخدام وتطبيق قاعدة (و) (AND) المنطقية كمايلى:

$$T_{ij\ new} = T_{ij\ old}\ (AND)\ x_i$$
$$= (1,1,1)\ (AND)\ (1,1,0) = (1,1,0)$$

وبذلك نكون قد قمنا بخزن متجه المدخل (x_1) الممثل لبصمة جديدة فى العنصر الفائز فى طبقة التعرف.

٩ - واذا فرضنا اننا سوف نقوم بتعليم الشبكة على متجة آخر جديد وليكن (x2) ونريد ان نعرف اين يمكن خزنه فى طبقة التعرف فى عنصر آخر فاننا سوف نقوم باتباع الخطوات التالية:

أ - نفرض المتجه الجديد (1,0,1) = (x2) وعند اجراء المواءمة له نجد ان العنصر الفائز فى هذه الحالة ايضا هو العنصر السابق الذى يستخدم للتعرف على (x_1) ويتم امرار المتجه الخاص بالعنصر الاول الى طبقة المقارنة لاجراء اختبار حد المقارنة وعند حساب معامل التماثل (S) نجد ان قيمتة اقل من قيمة المعامل (ρ) كمايلى:

$$s = \frac{\sum T_{ij} x_i}{\sum x_i} = 0.5$$

١٠ - وينشأ وضع متناقض وهو اختيار العنصر الفائز نفس العنصر الاول مع وجود تصنيف غير صحيح وتدخل الشبكة مرحلة الخمود ويتم تحويل كل العناص الي حالة الصفر ماعدا العنصر الفائز.

١١ - تدخل الشبكة بعد ذلك دور التصنيف مرة اخرى الى ان يتم اختيار عنصر جديد ليكون العنصر الفائز الثانى حيث يتم خزن ملامح المتجة المدخل الثانى.

ومن الواضح ان دخول متجه جديد لايؤثر على المتجهات المخزونة قبل ذلك فى طبقة التعرف وهذه احدى الملامح الرئيسية للشبكات العصبية ذات الرنين والمتكيفة مع الوضع ذاتياً علاوة على قصر زمن التعلم بالمقارنة بالانواع الاخرى من الشبكات.

تم بحمد الله

قائمة المراجع

(1) Waterman D.A "A Guide to Expert Systems" , (Addition Wesley, Reading, Mass 1986)

(2) Newell A. and Simon H. "Human Problem Solving", Englewood Califfs, NJ., Prentice Hall (1972)

(3) Davis R. "Expert Systems, Where are We ? and Where do we go from here ?, AI Memo No. 665, MIT AI Laboratory, (1982)"

(4) Aikens J.S., Kunz J.C., and Shortliffe E.H., "PUFF: An Expert System for Interpretation of Pulmonary Function Data", Computers and Biomedical Research Vol. 16 (1983), PP 199-208.

(5) A.Barr and E.A. Feigenbaum, "The Handbook of Artificial Intelligence", Vol. 1 Kaufmann, Los Altos, CA (1981).

(6) S.R. Johnson, J.H. Connolly and E.A. Edmonds "Spectrogram Analysis: A Knowledge based Approach to Automatic Speech Recognition, In M.A. Bramer (ed), Research and Development in Expert Systems, Cambridge University Press,Cambridge,UK(1985).

(7) P.Gilmore "A Proof Method for Quantification Theory", IBM J. Res. Devel. 4, 28-35 (1960).

(8) Hanafusa and H.Inoue (eds.), Robotics Research: The Second International Symposium. MIT Press, Cambridge, MA, MIT Press Series in Artificial Intelligence (1985).

(9) IEEE Conference on Robotics and Automation, IEEE Computer Society, IEEE Computer Society Press, Silver Spring, MD (1985).

(10) M.Brady, J.M. Hollerbach, T.L. Johnson, T. Lozano Perez, and M.T. Mason "Robot Motion: Planning and Control, MIT Press, Cambridge, MA" (1982).

(11) P.P. Bonissone and R.M. Tong "Editorial: Reasoning with Uncertainty in Expert Systems", Int. J.Man-Match. Stud. 22(3), 241-250, March (1985).

(12) L.A. Zadeh "A Computational Approach to Fuzzy Quantifiers in Natural Languages",Computer Mathematics, Appl.9(1), 149-184 (1983).

(13) B.G. Buchanan and E.H. Shortliff "Rule-based Expert Systems", Addison Wesly, Reading MA. (1984).

(14) S.M. Ornstein, B.C. Smith and L.A. Suchman "Strategic Computing", Bull. Atom. Sci. 40, 11-15, December (1984).

(15) H.A. Hunt and T.L. Hunt "Human Resource Implications of Robotics", Upjohn Institute for Employment Research, Kalamazoo, MI. (1983).

(16) G.J. Agin and T.O. Binford "Computer Description of Curved Objects", Proceedings of the Third International Joint Conference on Artificial Intelligence, Palo Alto, CA, PP. 629-640 (1973).

(17) P.H. Winston "Artificial Intelligence", Addison Wesly, Reading, MA. (1984).

(18) E.Charniak and D. McDermott "Introduction to Artificial Intelligence", Addison Wesly, Reading, MA. (1985).

(19) R. Beale and T. Jackson "Neural Computing: An Introduction", Department of Computer Science, University of New York (1990).

(20) M. James BSP "Pattern Recgnition", Professional Books, Oxford (1987).

(21) T.Kohnen "Self Organization and Associative Memory", Third Eddi-

tion, Springer verlage (1990).
(22) T. Sejnowski, C.R. Rosenberg "Parallel Networks that Pronounce English Text", Complex Systems (1987).
(23) S. Amari & M.A. Arbib "Competition and Cooperation in Neural Nets", Lecture Notes in Biomath, Vol. 45, Springer Verlag (1982).
(24) J.J. Hopfield "Proc. Natl.", Acad. Sci., USA, Vol. 81. pp. 3088-3092 (1984).
(25) Turbo Prolog,Porland.
(25) M.A.El-Sharkawy, Published Articles in Computer Magazine, Dar El-Maarf, from No.16, (May 1987) up to No.39 (August 1990) :

(د.محمد على الشرقاوي ،سلسلة مقالات ،مجلة كمبيوتر دار المعارف الاعداد من ١٦ الى ٣٩.)

1- Expert Systems- The natural result of Artificial Intelligence developments. (نظم الخبرة – احدى ثمرات تقدم الذكاء الاصطناعى)

2- Computer Vision Expert System. (نظم الخبرة للرؤية بالحاسب)

3- CAD-CAM Expert Systems. (نظم الخبرة للتصميم والانتاج)

4- Forecasting and Decision Making Expert System.(نظم الخبرة للتنبؤ واتخاذ القرار)

5- Programming and Simulation Tools for Expert System Design) .

(أساليب البرمجة والمحاكاة لتصميم النظم الخبيرة)

6- Tactical Air Target Recommender Expert Systems.

(نظم الخبرة التكتيكية لاختيار الاهداف للطيران)

7- Some Objectives of Computer Teaching in Secondary Schools.

(بعض أهداف تعليم الحاسبات فى المدارس الثانوية)

8- Expert System Development in Personal Computer Environment .

(تطور نظم الخبرة فى بيئة الحاسبات الشخصية)

9- General Features of AI/Expert Systems Programming Languages :
a- List Programming (LISP).
b- Programming By Logic (PROLOG).
c- Object Oriented Programming).

(السمات العامة للغات البرمجة للذكاء الاصطناعى ونظم الخبرة)

أ – ليسب   ب – برولوج   جـ – البرمجة الشيئية

10- Artificial Intelligence (الذكاء الاصطناعى)

11- Fields of Artificial Intellignce.(مجالات الذكاء الاصطناعى)

12 - Knowledge Systems. (نظم المعارف)

13- Heuristic and Symbolic Processing. (المعالجة الهرمية والرمزية)

14- Building Expert Systems Tools. (أدوات بناء النظم الخبيرة)

(26) M.F.Tolba, "Computer and AI", Delta Computer Center, (1994).

(ا.د.محمد فهمى طلبه الحاسب والذكاء الاصطناعى – مجموعة كتب دلتا)

(27) M.A.El-Sharkawy, "On the Implementation of Artificial Neural Networks in Image Processing", 3rd International Conference on Artificial Intelligence Applications, Cairo, Egypt, Jan. 3-7 (1995).

مركـــز الذكـــاء الاصطنـــاعى للحاسبــات

Artificial Intelligence Computer Center

إن التقدم الكبير فى مجال تكنولوجيا الذكاء الاصطناعى والشبكات العصبية الاصطناعية فى القرن الحالى وبداية القرن القادم قد تطلب انشاء مراكز متخصصة فى هذا المجال تولى اهتمامها لنقل وتطوير وتطويع هذه التكنولوجيات للعمل فى البيئة العربية.

ويعتبر مركز الذكاء الاصطناعى للحاسبات هو أول مركز متخصص فى هذا المجال، وتشمل اتجاهات واهتمامات عمل المركز مايلى :

١ - تصميم البرامج التطبيقية المتعلقة بنظم الذكاء الاصطناعى وقواعد البيانات الديناميكية والنظم الخبيرة فى المجالات العلمية والتعليمية والطبية والصناعية والتجارية وغيرها . . . .

٢ - يولى المركز اهتماما خاصا بتطبيقات الشبكات العصبية الاصطناعية فى مجالات التعرف والتنبؤات المالية للمشروعات الصناعية والتجارية المختلفة.

٣ - يقوم المركز بتقديم الاستشارات الفنية المتخصصة واجراء الأبحاث العلمية المرتبطة بالذكاء الاصطناعى والشبكات العصبية الاصطناعية.

٤ - عقد الدورات التدريبية والندوات العلمية فى المجالات التطبيقية المرتبطة بهذا المجال فى البيئة العربية.

٥ - استخدام تقنيات الوسائط المتعددة والذكاء الاصطناعى فى تصميم ونشر البرامج التعليمية، وتصميم وتنفيذ التجارب المعملية.

يقدم الكتاب هذا الفرع من علوم الحاسبات " **الذكاء الاصطناعى والشبكات العصبية الاصطناعية** " بشكل مبسط يفى بمتطلبات القارىء العادى والقارىء المتخصص، ويمكن أن يستخدم كمقرر فى الذكاء الاصطناعى والشبكات العصبية فى كليات الهندسة والعلوم والتجارة وأقسام الحاسبات ونظم المعلومات بالكليات المختلفة.

يعتبر هذا الكتاب الأول ضمن سلسلة كتب يصدرها المركز فى اتجاه تبسيط علوم وتكنولوجيا حاسبات المستقبل.

وبالله التوفيق ...

مركز الذكاء الاصطناعى للحاسبات
٨ شارع بن الوردى - مصر الجديدة - النزهة - القاهرة تليفون : ٢٤٥١٨٩٣
8 Ebn El-Wardy Street, Heliopolis, Nozha, Cairo.\ Tel.: 2451893
E.Mail: MAMELSH@EGFRCUVX :بريد الكترونى